Е. Б. Френкель,
В. Г. Комолов,
С. И. Файб.

РЕМОНТ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН
ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА
И ТЕПЛОВОЗОВ

1966

Е. Б. ФРЕНКЕЛЬ,
В. Г. КОМОЛОВ, С. И. ФАЙБ

РЕМОНТ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ТЕПЛОВОЗОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»
МОСКВА 1966

УДК 621.333.004.67 + 621.335.04.004.67 + 625.282 — 843.6.066.

В книге излагается организация и технология ремонта электрических машин электроподвижного состава и тепловозов железных дорог. Описываются нестандартное оборудование, различные приспособления и новые электротехнические материалы, применяемые при ремонте.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, связанных с ремонтом электрических машин на заводах и в депо, а также может быть полезна студентам вузов и учащимся транспортных техникумов.

3-18-2
———
123-66

ОТ АВТОРОВ

В настоящее время на железных дорогах СССР работает большое число электровозов, тепловозов и электропоездов, оборудованных тяговыми электрическими машинами. Так, за 1965 год 85% грузооборота выполнено наиболее прогрессивными видами тяги — электрической и тепловозной. Дальнейшее техническое перевооружение транспорта предусматривает пополнение парка локомотивов новыми мощными и более совершенными электровозами и тепловозами.

Эффективность использования этих локомотивов в значительной мере зависит от качества и сроков ремонта их тяговых двигателей и вспомогательных машин. Повышение качества, сокращение сроков и снижение стоимости ремонта — одна из важнейших задач для заводов, выполняющих ремонт тяговых электрических машин. Опыт показывает, что эта задача может быть успешно решена только на базе технического прогресса, предусматривающего внедрение новых, более совершенных технологических процессов, механизации и автоматизации производства, а также применения синтетических материалов, обладающих высокими электрическими и механическими свойствами.

В связи с этим основное внимание авторы уделили описанию современной прогрессивной технологии и организации ремонта, применению полимерных материалов, а также модернизации отдельных узлов тяговых электромашин для повышения их эксплуатационной надежности. В книге описаны основное нестандартное оборудование и приспособления, применение которых позволяет повысить производительность и улучшить условия труда при ремонте электрических машин.

В ремонте электрических машин электроподвижного состава и тепловозов существует много практически одинаковых технологических операций.

Учитывая это, авторы сочли возможным в ряде случаев рассмотреть технологические операции ремонта применительно к тяговым электромашинам электроподвижного состава и указать там, где это необходимо, на принципиальные особенности выполнения соответствующих операций при ремонте электрических машин тепловозов.

При подготовке книги авторы стремились обобщить передовой опыт ремонта тяговых электрических машин на заводах Главного управления по ремонту подвижного состава и производству запасных частей (ЦТВР) Министерства путей сообщения, а также учесть большой опыт Новочеркасского и Тбилисского электровозостроительных заводов НЭВЗ и ТЭВЗ); харьковского завода «Электротяжмаш», Рижского электромашиностроительного (РЭЗ), завода «Динамо» имени С. М. Кирова.

Авторами использованы также результаты опубликованных научно-исследовательских работ, выполненных Всесоюзным иаучно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (ЦНИИ) и Всесоюзным научно-исследовательским институтом электровозостроения (ВЭлНИИ).

Все замечания и пожелания по книге будут приняты с благодарностью; просьба направлять их по адресу: Москва, Б-174, Басманный тупик, 6-а, издательство «Транспорт».

I

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

1. УСЛОВИЯ РАБОТЫ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ И ТЕПЛОВОЗАХ

Исправность электрических машин электровозов, электропоездов и тепловозов во многом определяет надежность работы и межремонтные пробеги локомотивов. Тяговые электрические машины работают в более трудных условиях, чем стационарные; на них воздействуют динамические усилия при движении подвижного состава по неровностям пути, в двигатели попадает влажный воздух и пыль, в их обмотках возникают перенапряжения от атмосферных разрядов и различных быстрых изменений величины тока.

При опорно-осевой подвеске двигателей значительные динамические усилия от колесных пар через моторно-осевые подшипники передаются на остовы и якоря двигателей. Эти усилия воздействуют на крепление обмоток, вызывают вибрацию обмоток, в результате чего могут возникать трещины и обрывы проводников, а также повышают механический износ изоляции. Динамические усилия — одна из причин ухудшения коммутации и неравномерного износа коллекторов тяговых двигателей.

Электроподвижной состав и тепловозы во многих районах страны и особенно на Урале и в Сибири значительную часть времени работают в тяжелых климатических условиях при обильных осадках и резких перепадах температур. Попадание влаги и пыли внутрь электрической машины, а также загрязнение изоляции вызывают снижение ее электрической прочности и могут привести к пробою.

Отрывы пантографа от контактного провода, боксование колес локомотива, колебания напряжения сети и различные переключения в цепях тяговых двигателей вызывают броски тока, ухудшающие коммутацию тяговых двигателей.

Изоляция обмоток якорей и полюсов тяговых двигателей под воздействием тепловых и механических нагрузок в эксплуатации стареет и ее электрическая прочность снижается. Наиболее тяжелые повреждения тяговых электрических машин — пробои изоляции и межвитковые замыкания обмоток якорей. Кроме того, возможны обрывы проводников обмоток, выплавление припоя из петушков коллектора, размотка проволочных бандажей крепления обмотки и разрушение подшипников якоря. Нередко встречаются и другие неисправности якорей тяговых двигателей: низкое сопротивление изоляции, замыкание коллекторных пластин и пробой изоляции коллектора.

Одна из главных причин преждевременного ремонта тяговых двигателей электровозов — неравномерный износ коллекторов. Появление на рабочей поверхности коллектора местных выработок и лысок нарушает нормальную работу щеточного узла, вызывает повышенное искрение и круговой огонь.

Основные, встречающиеся в практике, неисправности полюсов и катушек: замыкания витков и слоев обмоток, низкое сопротивление и пробой изоляции, обрыв и пережог соединительных кабелей, ослабление крепления сердечников и обрыв полюсных болтов. В остовах тяговых двигателей нередки случаи появления трещин, ослабления посадки подшипниковых щитов и букс моторно-осевых подшипников.

Вспомогательные машины, устанавливаемые в кузове локомотива или подвешиваемые к раме моторного вагона электросекции, подрессорены и работают в более легких условиях, а следовательно, значительно меньше подвержены повреждениям, чем тяговые двигатели. К основным неисправностям вспомогательных машин относятся: обрыв витков, межвитковые замыкания, пробой изоляции обмотки якоря, повреждения подшипников качения и круговой огонь на коллекторах. Для щеткодержателей тяговых двигателей и вспомогательных машин наиболее характерны следующие повреждения: перекрытие электрической дугой изо-

ляторов кронштейнов, пробой изоляции, излом пружин щеткодержателей и износ окон под щетки. Неправильная регулировка пружин щеткодержателей приводит к ухудшению коммутации или повышенному износу коллекторов и щеток.

2. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

В связи с внедрением на сети железных дорог СССР прогрессивных способов обслуживания локомотивов приказом МПС № 46Ц от 7 октября 1961 г. введена новая система ремонта и осмотра электроподвижного состава и тепловозов. Эта система направлена на обеспечение исправной работы локомотивов на удлиненных тяговых плечах при обслуживании их сменными локомотивными бригадами. В табл. 1 приведены сроки между профилактическими осмотрами, малыми периодическими ремонтами и среднесетевые нормы пробега электровозов, моторвагонных секций и тепловозов между другими видами ремонта.

Таблица 1

Локомотивы	Сроки (в сутках) между		Пробеги в тыс *км* между ремонтами			
	профилактическими осмотрами	малыми периодическими ремонтами	большими периодическими	подъемочными	заводскими I объема	заводскими II объема
Электровозы .	15	30	100	300	600	1800
Электросекции	4	45	150	300	600	1200
Тепловозы . .	10	90	100	200	600	

Система содержания и ремонта электроподвижного состава и тепловозов предусматривает обязательный осмотр и ремонт тяговых двигателей и вспомогательных машин. В период эксплуатации локомотивные бригады обязаны ухаживать за машинами, обеспечивать нормальную их нагрузку и своевременно устранять мелкие неисправности.

Профилактический осмотр электрических машин выполняют на смотровых канавах в депо комплексные бригады с целью поддержания их в нормальном эксплуатационном состоянии и предупреждения неисправностей. Очистка, осмотр и проверка электрических машин с ревизией подшипников, добавлением смазки, заменой щеток, а также устранение неисправностей входят в объем работ при малом и большом периодическом ремонте.

При подъемочном ремонте локомотивов в депо выполняют пропиточный ремонт электрических машин со снятием их с подвижного состава и разборкой. Пропиточный ремонт предусматривает поддержание электрической прочности изоляции пропиткой или покраской обмоток изоляционными лаками и эмалями, а также осмотр, ревизию и ремонт узлов и деталей с доведением их размеров до установленных норм.

Для тяговых двигателей и вспомогательных машин электроподвижного состава установлен плановый заводской ремонт двух объемов: первого объема — без смены изоляции обмоток и второго объема — со сменой изоляции обмоток. Объем и характеристики основных работ при заводском ремонте электрических машин приведены в Правилах ремонта тяговых двигателей и вспомогательных машин.

Заводской ремонт электрических машин без смены изоляции проводят одновременно с заводским ремонтом локомотивов первого объема. Цель этого вида ремонта — улучшение изоляции обмоток, оздоровление узлов и деталей, обеспечивающие их надежную работу. При заводском ремонте электрических машин первого объема разбирают машины, снимают и ремонтируют полюсные катушки с заменой покровной изоляции, проверяют и заменяют негодные провода, компаундируют катушки и покрывают их лаком. Изношенные поверхности остова и его деталей наплавляют, а затем подвергают механической обработке. При необходимости заменяют вал, неисправные проволочные бандажи, пазовые клинья и другие детали якоря, замена которых не требует перемотки обмотки. Изоляцию якорной обмотки подвергают двукратной пропитке, причем первую пропитку обмоток якорей тяговых двигателей проводят вакуум-нагнетательным способом. Кроме того,

ремонтируют или заменяют якорные подшипники, щеткодержатели и их кронштейны, крышки коллекторных люков, крепежные и прочие детали. После ремонта деталей и узлов электрические машины собирают, испытывают на стенде и окрашивают.

Заводской ремонт электрических машин со сменой изоляции, как правило, проводят одновременно с заводским ремонтом локомотивов второго объема. Цель этого вида ремонта — восстановление деталей и узлов, замена основной корпусной изоляции обмоток якоря и полюсных катушек. При заводском ремонте электрических машин применяют единые нормы допусков и износов, а также проводят необходимые работы по модернизации аварийных узлов, обеспечивающие надежную работу машин до следующего заводского ремонта.

При заводском ремонте второго объема машины разбирают, снимают полюсные катушки и обмотки якоря, заменяют корпусную, а при необходимости межслойную и межвитковую изоляцию катушек. После перемотки и замены негодных выводных проводов катушки подвергают двукратной компаундировке и покрывают лаком. При ремонте остова заваривают трещины, наплавляют и обрабатывают изношенные поверхности. Подшипниковые щиты, крышки щитов, буксы моторно-осевых подшипников, сердечники полюсов, крышки коллекторных люков и другие детали остова ремонтируют или заменяют.

Механическую часть якоря ремонтируют при необходимости с полной разборкой сердечника, заменой вала, нажимных шайб и пакета стали. Коллектор разбирают и ремонтируют со съемом меди. Заменяют неисправные миканитовые манжеты, цилиндры, изоляционные и медные коллекторные пластины. Обмотку якорей ремонтируют с полной сменой изоляции и в случае необходимости заменяют медь секций. Изоляцию обмотки якоря восстанавливают или заменяют и подвергают двукратной пропитке. Для якорей тяговых двигателей обязательна одна вакуумно-нагнетательная пропитка в термореактивном лаке ФЛ-98.

Якорные роликовые подшипники ремонтируют или заменяют новыми. Шариковые подшипники для вспомогательных машин электроподвижного состава не ремонтируют, а заменяют новыми. Щеткодержатели и

кронштейны разбирают, восстанавливают и заменяют неисправные детали. После ремонта и сборки тяговые двигатели и вспомогательные машины испытывают на стенде и окрашивают.

Пробеги локомотивов между ремонтами могут отклоняться от средней нормы (см. табл. 1) в сторону уменьшения или увеличения на 20%. Сроки, порядок ремонта и замены изоляции обмоток электрических машин с кремнийорганической, эскапоновой и другими новыми видами изоляции устанавливает ЦТ МПС.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАВОДСКОГО РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Графики технологического процесса. Работы по ремонту электрических машин организуют в соответствии с графиком технологического процесса, который определяет основные операции ремонта и продолжительность их выполнения в зависимости от принятого метода ремонта.

Существуют два основных метода ремонта тяговых электрических машин: индивидуальный и сменно-узловой. При индивидуальном ремонте детали и узлы, снятые с машины, после их ремонта устанавливают на ту машину, с которой они были сняты. При сменно-узловом методе ремонта неисправные детали и узлы заменяют другими (заранее подготовленными) новыми или восстановленными. Детали и узлы, снятые с ремонтируемой машины, за исключением базовых, после ремонта поступают в оборотный фонд для пополнения переходящего запаса. За базовые узлы принимают остов и сердечник якоря, сохраняя присвоенные им номера.

Сменно-узловой метод заводского ремонта электрических машин является прогрессивным, так как повышает производительность труда, сокращает простои машин в ремонте и создает лучшие условия для ритмичной работы сборочного участка. Этого достигают за счет расчленения сборочно-разборочных работ, узкой специализации исполнителей, рационального распределения труда, постоянства рабочих мест и лучшего использования технологического оборудования. Основное условие

применения такого прогрессивного метода — взаимозаменяемость узлов и деталей.

При сменно-узловом методе ремонта должен быть создан переходящий запас новых и отремонтированных деталей и узлов. Это требует увеличения объема незавершенного производства и некоторой части оборотных средств. Эффективность сменно-узлового метода повышается с уменьшением продолжительности ремонта и времени пребывания оборотного комплекта в производстве и на складе.

Продолжительность ремонта машины зависит от ее конструкции, организации и технологии ремонта, оснащения оборудованием, технической и материальной подготовки производства, наличия квалифицированных кадров и подготовленных к установке на машину исправных деталей и узлов взамен неисправных и изношенных.

В виде примера в приложении 1 дан график заводского ремонта тягового двигателя НБ-412М со сменой изоляции. В графе «Продолжительность» указано нормированное время на выполнение работ. «Технологическое время» отражает требования производственных инструкций к продолжительности и последовательности таких процессов, как нагрев и сушка обмоток при пропитке и т. д.

Наряду с внедрением сменно-узлового метода ремонта электрических машин сокращение простоев в ремонте может быть достигнуто совершенствованием технологии ремонта за счет механизации трудоемких процессов, внедрения передовой технологии и автоматизации производства. Этими же мероприятиями достигают повышения качества и снижения себестоимости ремонта. Сокращение простоя в ремонте тяговых двигателей и вспомогательных машин электроподвижного состава и тепловозов может быть достигнуто и за счет повышения сменности работ.

Планировка цехов и основное оборудование. Расположение основных и вспомогательных цехов определяется генпланом завода. Цехи и основное оборудование для ремонта электрических машин размещают исходя из принятого технологического процесса, типа здания и санитарных норм проектирования промышленных предприятий. При этом учитывают противопожарные требо-

вания и правила техники безопасности, а также удобство транспортной связи между цехами завода.

В приложении 2 показан один из вариантов плана производственных площадей и оборудования электромашинного цеха. В пролете этого цеха размещают основные и вспомогательные участки и отделения: разборки электрических машин, ремонта остовов, ремонта якорей, катушечно-секционное, сушильно-пропиточное, сборочное, испытательную станцию, а также кладовые, заготовительные отделения, раздаточные инструмента и прочие вспомогательные подразделения.

Размещение участков и расстановку оборудования выполняют в соответствии с технологическим процессом ремонта основных типов электрических машин. Участок разборки и дефектирования узлов тяговых двигателей целесообразно отделить капитальной стеной от остальных отделений основного производства. Три основных участка по ремонту остовов, якорей и секционно-катушечное (см. приложение 2) примыкают к разборочно-дефектировочному, что обеспечивает наиболее короткую транспортировку узлов и деталей и поточность в процессе их ремонта.

Грузоподъемные средства выбирают по максимальным весам основных узлов и деталей электрических машин. Ширину пролетов целесообразно принимать равной 18 *м*, так как в этом случае оказывается возможным наиболее рационально разместить оборудование. Высота пролета цеха с крупным механическим оборудованием и мостовым краном грузоподъемностью 10 *Т* должна составлять до затяжки ферм не менее 10,2 *м* (участки разборки двигателей, ремонта остовов, сборки двигателей, испытания и отделки). Высота цеха со станками малых габаритов может быть принята до затяжки ферм равной 8 *м* (ремонт якорей и их узлов, секционно-катушечное, сушильно-пропиточное). Грузоподъемность мостовых кранов в этих пролетах принимают равной 5 *Т*, а в сушильно-пропиточном отделении — 3 *Т*.

Размеры отделений и участков электромашинного цеха локомотиворемонтного завода устанавливают в зависимости от плана, количества и видов оборудования, штата рабочих, а также специфических условий работы. В табл. 2 приведены средние нормы производ-

ственных площадей основных отделений и участков цеха по нормам технологического проектирования Гипрозаводтранса г. Харькова. Все измерители приведены из расчета на один шестиосный электровоз и трехосную секцию тепловоза. Для расчета площадей, необходимых для ремонта тяговых двигателей и вспомогательных машин локомотивов с большим числом осей, указанные нормы площадей должны быть скорректированы.

Таблица 2

Наименование отделения и участка	Измеритель	Норма площади в $м^2$ для ремонта локомотивов		
		ВЛ60	ВЛ23	ТЭ3
Разборочно-дефектировочное	Электровоз или тепловоз годового выпуска	1,7	1,6	1,5
Ремонта остовов	Станок металлорежущий	45	45	45
	Производственный рабочий первой смены	26	26	18
» якорей	Станок металлорежущий	18	18	25
	Производственный рабочий первой смены	30	30	30
Катушечно-секционное	То же	16	16	18
Сушильно-пропиточное	Печь или автоклав	35	35	60
Сборочное	Производственный рабочий первой смены	30	30	25
Испытательная станция	Стенд	75	75	75

При реконструкции специализированных заводов, предназначенных для ремонта электрических машин локомотивов, расчет производственных площадей производят исходя из норм удельной площади на машину. Так, например, на Смелянском ЭМРЗ принята удельная норма площади на ремонт тяговых двигателей, главных генераторов и других машин тепловозов в среднем 1,2—2 $м^2$ в зависимости от габаритов и конструктивных особенностей машин.

При использовании конвейеров для разборки и сборки тяговых двигателей, конвейеров для сушки и пропитки якорей и окраски катушек, манипуляторов со сварочными полуавтоматами и других новейших установок нестандартного оборудования приведенные в табл. 2 нормы площадей могут быть снижены в пределах 12—15%.

Планирование.

По инициативе коллектива завода НЭВЗ на многих предприятиях успешно применяют новую систему непрерывного оперативно-производственного планирования, обеспечивающую ритмичную работу предприятия и позволяющую значительно улучшить его технико-экономические показатели. Основные элементы новой системы: единый сквозной график сдачи планируемого количества условных изделий, картотека и график пропорциональности. Приводя многочисленную номенклатуру выпускаемых изделий к условному суткокомплекту, на предприятии создают укрупненную единицу планирования, что как бы сокращает номенклатуру изделий. Эта эффективная, наглядная и весьма простая система позволяет привлечь к планированию широкий коллектив работников предприятия.

Важнейшая задача работников заводов транспорта, занятых ремонтом подвижного состава и производством запасных частей, — дальнейшее совершенствование организации труда на научной основе, путем разработки и внедрения планов НОТ. В основу этих планов заложены достижения науки и техники, передовая технология производства, более совершенные методы организации труда и системы управления, а также внедрение технической эстетики и прогрессивных форм материального стимулирования.

Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966 - 1970 гг. предусмотрено введение в промышленности и на предприятиях транспорта новой системы планирования и экономического стимулирования промышленного производства. Это поднимет ответственность предприятий и материальную заинтересованность работников в повышении эффективности производства и достижении лучших экономических показателей работы при наименьших затратах труда и средств. Годовые и квартальные планы ремонта тяговых двигателей и вспомогательных машин задаются МПС локомотиворемонтным заводам согласно заявкам на ремонт, представляемым дорогами из расчета заданного годового пробега электровозов, электросекций и тепловозов с учетом фактических пробегов машин.

II

РАЗБОРКА И ДЕФЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

4. РАЗБОРОЧНО-ДЕФЕКТИРОВОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Заводы по ремонту электровозов, тепловозов, электропоездов, а также специализированные заводы по ремонту электрических машин имеют при электромашинном цехе производственный участок или отделение по разборке и дефектированию тяговых двигателей и вспомогательных машин. К разборочно-дефектировочному отделению предъявляют большие требования по высококачественной разборке электрических машин, обеспечивающей сохранность максимального количества деталей и узлов для дальнейшего их использования при ремонте.

Качество разборки машин непосредственно влияет на процент сменяемости деталей, а следовательно, на трудоемкость и себестоимость ремонта.

Электрические машины, особенно тяговые двигатели, работают в тяжелых эксплуатационных условиях. Поэтому многие детали и узлы электродвигателей скреплены между собой не только резьбовыми соединениями, но и при помощи неподвижных посадок.

Основная трудоемкость разборки электрических машин состоит в разъединении деталей, связанных между собой переходными посадками (напряженная, тугая, глухая) и посадками с натягом (прессовая, горячая).

В этих случаях необходимы большие усилия для преодоления сопротивления при смещении одной детали относительно другой. Например, для снятия лаби-

ринтовой втулки с вала якоря тягового двигателя НБ-406 прикладывают усилие, достигающее 60—70 *Т*; для выпрессовки подшипникового щита из остова тягового двигателя НБ-411 — 10—20 *Т* и т. д.

Разборочно-дефектировочное отделение оснащают всеми необходимыми современными механизмами, нестандартным оборудованием и специальными приспособлениями, обеспечивающими максимальную механизацию разборочных процессов и исключающими порчу деталей при разборке электрических машин. Такое отделение должно иметь следующее основное оборудование:

мостовой кран грузоподъемностью 10 *Т* и консольно поворотные кран-балки грузоподъемностью 0,5 *Т*;

самоходные рельсовые тележки для межцеховой перевозки деталей;

продувочную камеру для очистки двигателей и якорей сжатым воздухом;

установку для предварительной мойки тяговых двигателей перед разборкой;

конвейерную линию для разборки тяговых двигателей и демонтажа магнитной системы;

моечные машины для очистки остовов, якорей и других деталей;

установку для механического вращения якорей в процессе их дефектирования;

индукционные нагреватели для съема внутренних колец роликовых подшипников с валов якорей и лабиринтовых колец крышек подшипниковых щитов;

горизонтальный гидравлический пресс для снятия с валов якорей лабиринтовых втулок;

станок-автомат для выпрессовки текстолитовых клиньев из пазов якорей тяговых двигателей;

станок для выемки обмоток якорей центробежным способом и др.

В разборочное отделение электрические машины поступают со склада ремонтного фонда. Эти склады обычно не имеют отопления, поэтому в зимнее время желательно содержать суточный запас электрических машин непосредственно в разборочном отделении, чтобы тяговые двигатели и вспомогательные машины прогрелись до температуры окружающей среды цеха перед очисткой и последующей разборкой.

5. РАЗБОРКА ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Подготовка двигателя к разборке. Сначала выполняют грубую очистку тяговых двигателей от эксплуатационных загрязнений сжатым воздухом и горячей водой. Для предварительной очистки двигатель помещают в продувочную камеру (рис. 1) и струей воздуха

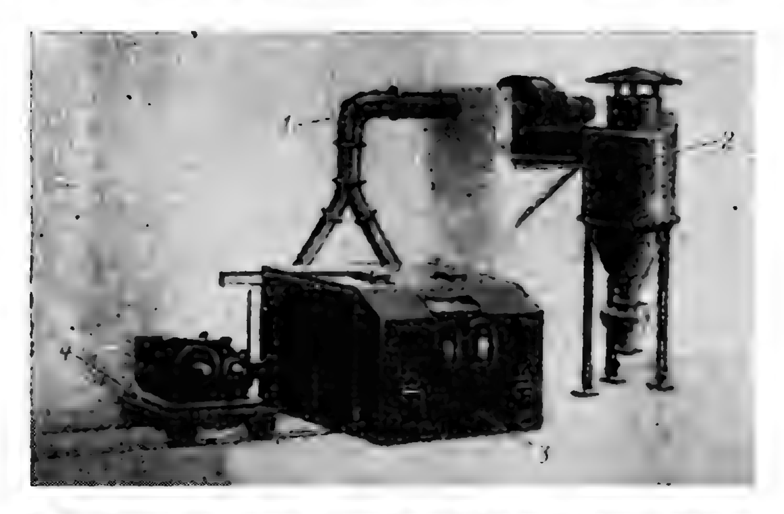


Рис. 1. Камера для очистки электрических машин сжатым воздухом:
1 — вытяжная система вентиляции; 2 — циклон для сбора пыли; 3 — продувочная камера; 4 — транспортирующая тележка

давлением 3—4 *ат* очищают его. Для удобства работы и более качественной очистки транспортирующую тележку камеры оборудуют поворотным столом. Вращение стола и перемещение тележки по рельсам осуществляют от электромеханического привода. Скорость вращения стола не должна превышать 0,5—0,8 *об/мин*, скорость движения тележки — 8—9 *м/мин*. В целях улучшения условий труда рабочих продувочную камеру снабжают интенсивной вытяжной вентиляцией производительностью 4000—5000 $м^3/ч$. Загрязненный воздух, выбрасываемый вентилятором из камеры в атмосферу, очищают центробежным скрубером с водяным фильтром.

После этого очистку тягового двигателя производят в моечной машине типа ММД-12А или в специальной установке, спроектированной ПКТБ ЦТВР. Отличительная особенность последней та, что тяговый двигатель в процессе его мойки находится в подвешенном неподвижном состоянии, а душевое устройство, вращаясь вокруг двигателя на 360°, обмывает его. Моечная установка для предварительной очистки тяговых двигателей перед разборкой (рис. 2) состоит из герметичной камеры, душевого устройства, представляющего собой трубу с соплами, механизма вращения душевой системы, насоса производительностью 40—50 *м³/ч* и резервуара с водой.

Перед очисткой все отверстия двигателя тщательно закрывают крышками и заглушками, а к специальной крышке верхнего коллекторного люка прикрепляют резиновый шланг для подачи сжатого воздуха. Затем мостовым краном двигатель помещают в рабочую камеру установки и обмывают горячей водой в течение 10—15 *мин*. Сжатый воздух давлением 4—5 *ат* подают для того, чтобы препятствовать проникновению влаги внутрь двигателя в процессе его обмывки.

Перед разборкой двигателей выполняют следующие подготовительные работы: удаляют компаундную массу с головок полюсных болтов; выбивают сухари, крепящие болты полюсов; снимают защитные брезентовые чехлы с выводных кабелей; снимают наружные детали (крышки коллекторных люков, сетки и заглушки вентиляционных отверстий, масленки); вынимают щетки из щеткодержателей и т. д. Малые шестерни снимают с вала якоря гидравлическим приспособлением (рис. 3). В некоторых тяговых двигателях, например ТАО-649, НБ-412, предусмотрен съем малой шестерни методом нагнетания масла между конусом вала и шестерней. По окружности конуса вала этих машин расположена специальная канавка, в которую через отверстие в торце вала насосом подают масло. Малая шестерня под действием высокого давления масла увеличивается в диаметре, и ее легко снимают с конуса вала.

Разборка двигателя. Разборку тяговых двигателей начинают со снятия букс моторно-осевых подшипников. Для этого отвертывают верхние и нижние крепящие болты и при помощи кран-балки снимают буксы с осто-

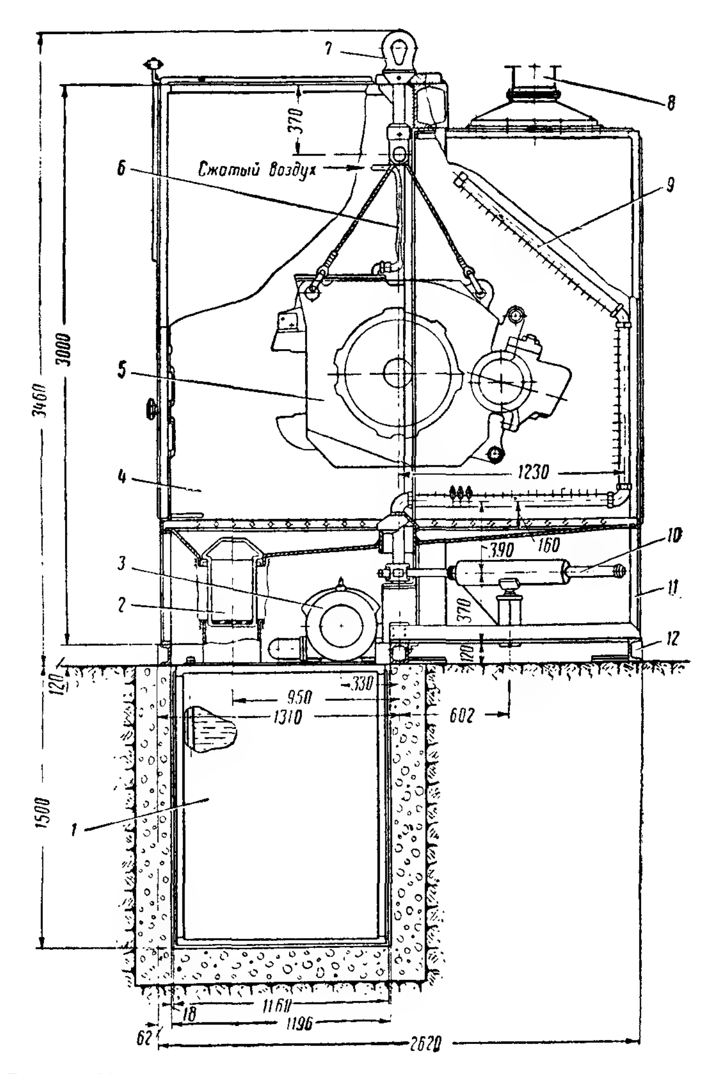


Рис. 2. Моечная установка для предварительной очистки тяговых двигателей перед разборкой:

1 — бак с горячей водой; 2 — фильтр; 3 — электродвигатель с насосом типа ЗКМ-6а; 4 — камера; 5 — очищаемый двигатель; 6 — шланг для подвода сжатого воздуха; 7 — приспособление для подвески двигателя; 8 — вытяжная вентиляция; 9 — душевая система; 10 — пневмопривод для вращения душевой системы; 11 — каркас установки; 12 — рама

ва. Для отвертывания гаек и болтов при разборке и ремонте двигателей применяют пневматические реверсивные гайковерты типа ПГ-1 конструкции ЦНИИ МПС

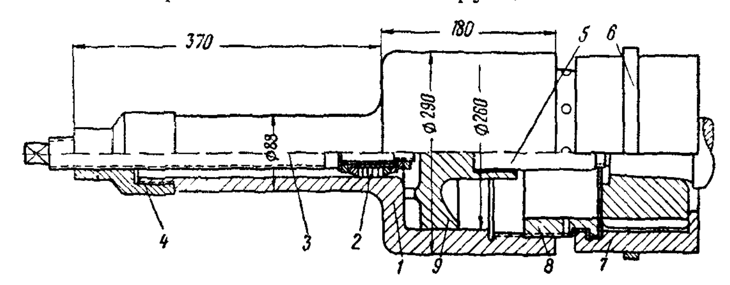


Рис 3 Гидравлическое приспособление для снятия шестерни с вала тягового двигателя:

1 — корпус 2 — малый поршень 3 — винт, 4 — крышка малого цилиндра, 5 — стержень, 6 — хомут, 7 — скоба, 8 — кольцо, 9 — большой поршень

или Полтавского ПРЗ, позволяющие механизировать эти трудоемкие операции и повысить производительность труда. Пневматический гайковерт работает от сжатого воздуха при давлении 4—5 *ат*. Гайковерты — сложные приспособления и требуют только сухого сжатого воздуха, поэтому каждый питающий цеховой отвод от воздушной магистрали оборудуют масловодоотделителями требуемой производительности. В противном случае гайковерты будут часто выходить из строя и требовать внеочередного ремонта. Вес гайковерта около 15 *кг*, поэтому рабочему приходится затрачивать непроизводительную энергию на его подъем и опускание на рабочее место. Для облегчения этой операции применяют разнообразные консольные поворотные балки с пружинными балансирными приспособлениями для удержания гайковерта в заданном подвешенном положении.

В последнее время на некоторых заводах по ремонту электроподвижного состава и тепловозов применяют конвейерные линии для комплексной механизации разборки тяговых двигателей. Эти линии состоят из ряда последовательных рабочих позиций, оснащенных специальным технологическим оборудованием, приспособлениями, инструментом и связанных между собой единым транспортным механизмом, позволяющим перемещать тяговый двигатель и его узлы с одной позиции на

другую. Устройство и внедрение в производство конвейерных систем — прогрессивное и перспективное дело, обеспечивающее максимальную механизацию трудоемких операций, улучшение условий и повышение производительности труда при разборке двигателей.

В конвейерную линию (см. приложение 2) для разборки тяговых двигателей входят следующие рабочие позиции: разборка якоря с остовом, снятие изоляции с межкатушечных соединений, разъединение соединительных зажимов со стороны коллектора и со стороны, противоположной коллектору, разборка магнитной системы остова.

Первая рабочая позиция. Для разборки якоря с остовом тяговый двигатель мостовым краном устанавливают в кантователь (рис. 4) и закрепляют со стороны



Рис. 4 Гидравлический кантователь для разборки тяговых двигателей:

1 — гидравлический привод для вращения двигателя; 2 — передняя стойка; 3 — рама; 4, 5 — механизмы крепления двигателя; 6 — задняя стойка; 7 — передвижная плита задней стойки

моторно-осевых горловин и со стороны опорных кронштейнов. Кантователь состоит из стальной сварной рамы и двух стоек — передней и задней. В переднюю

стойку вмонтирован гидравлический или электромеханический привод для вращения двигателя в вертикальной плоскости. Задняя стойка служит для крепления двигателя на кантователе. Кроме того, она оборудована гидравлическим механизмом, перемещающим ее в сторону от оси кантователя на 700 *мм,* для передачи остова транспортным устройством на вторую рабочую позицию.

Поворотом кантователя тяговый двигатель устанавливают в вертикальное положение коллектором вверх и разбирают подшипниковый узел. У моторвагонных двигателей типов ДК-103, ДК-106 и тепловозных ДК-304, ЭДТ-200 роликовый подшипник со стороны коллектора укреплен упорным кольцом и специальной шайбой. Для разборки подшипникового узла снимают крышку щита, отгибают предохранительные шайбы и, отвернув три болта, снимают упорное кольцо подшипника. Затем во избежание повреждения петушков коллектора о щеткодержатели при последующем вращении двигателя в кантователе крышку подшипникового щита временно устанавливают на прежнее место и закрепляют двумя болтами.

Для разборки подшипникового щита со стороны, противоположной коллектору, двигатель поворачивают на 180°, отвертывают болты крепления крышки и подшипникового щита, снимают крышку и гидравлическим приспособлением выпрессовывают подшипниковый щит из остова. Это приспособление (рис. 5) обеспечивает быструю выпрессовку щитов без повреждений, но требует дополнительного времени для установки его на двигателе. После выпрессовки подшипникового щита в отжимные отверстия ввертывают специальные болты (рымы), кран-балкой снимают щит с остова и

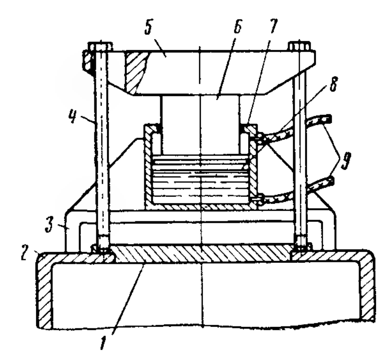


Рис. 5. Схема гидравлического приспособления для выпрессовки подшипниковых щитов из остовов двигателей:

1 — щит подшипниковый; 2 — остов; 3 — упоры; 4 — тяга; 5 — кронштейн; 6 — шток; 7 — гидроцилиндр; 8 — поршень; 9 — шланги для нагнетания масла

передают его на гидравлический пресс для выпрессовки роликового подшипника. Затем мостовым краном извлекают якорь из остова, кладут его на тележку и отправляют в продувочную камеру для очистки. При выемке якоря следят за тем, чтобы его сердечник не задевал за полюсы.

Далее вновь поворачивают кантователем остов двигателя стороной коллектора вверх, снимают временно поставленную крышку и выпрессовывают подшипниковый щит с этой стороны. Выпрессовку роликовых подшипников из подшипниковых щитов выполняют равномерным нажатием на подшипник без ударов и переко-

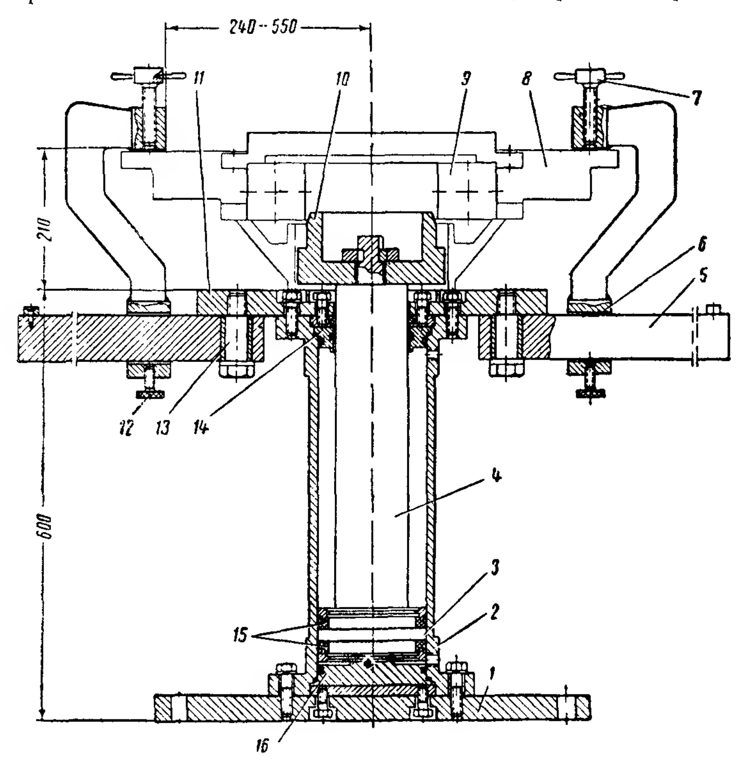


Рис. 6 Гидравлический пресс для выпрессовки роликовых подшипников из щитов тяговых двигателей:

1 — основание; 2 — цилиндр; 3 — поршень; 4 — шток; 5 — кронштейн; 6 — скоба передвижная; 7 — винт; 8 — щит; 9 — подшипник; 10 — толкатель; 11 — стол; 12 — винт; 13 — шарнир поворота кронштейна. 14 — крышка верхняя; 15 — манжеты; 16 — крышка нижняя

сов. Для этого подшипники выпрессовывают на гидравлическом прессе усилием 6—8 *Т* при скорости движения штока не более 0,8—1,0 *м/мин*. Такой пресс (рис. 6) состоит из гидравлического цилиндра с поршнем и штоком, приспособления для выпрессовки роликового подшипника, механизма для крепления щита на столе пресса, крана управления и насосной станции.

Подшипниковый щит устанавливают на столе пресса так, чтобы выпрессовывающий толкатель вошел в лабиринтовое отверстие. После этого крепят щит откидными скобами, включают насосную станцию и выпрессовывают подшипник из гнезда щита. Затем подшипниковый щит и роликовый подшипник снимают с пресса и отправляют на моечный участок.

Под остов подводят транспортную тележку, открывают замки, запирающие остов в кантователе, столом тележки поднимают остов, отводят заднюю стойку кантователя в сторону и передают его на следующую позицию конвейера.

Вторая рабочая позиция. Эта позиция оборудована гидравлическим приспособлением для вращения остова в вертикальной плоскости относительно своей оси и предназначена для разъединения и разборки электрической цепи полюсных катушек, а также для снятия щеткодержателей и кронштейнов. Приспособление (рис. 7) состоит из двух гидроцилиндров, механизма поворота и трехкулачкового патрона. При установке остов тягового двигателя перемещают самоходной тележкой к гидравлическому приспособлению, поднимают стол тележки до совмещения оси остова с осью вращения патрона, вводят кулачки патрона в горловину со стороны, противоположной коллектору, и включением механизма зажима закрепляют остов в патроне.

Поворачивая остов в удобное для работы положение, отвертывают болты, крепящие щеткодержатели и кронштейны, и снимают их. Для отсоединения перемычек и выводных кабелей разрезают бечевочные бандажи, которые скрепляют провода между собой, отвертывают болты и снимают прижимные скобы. Затем снимают изоляцию с зажимов межкатушечных соединений добавочных полюсов, отгибают края стопорных шайб и вывертывают болты пневматическими гайковертами.

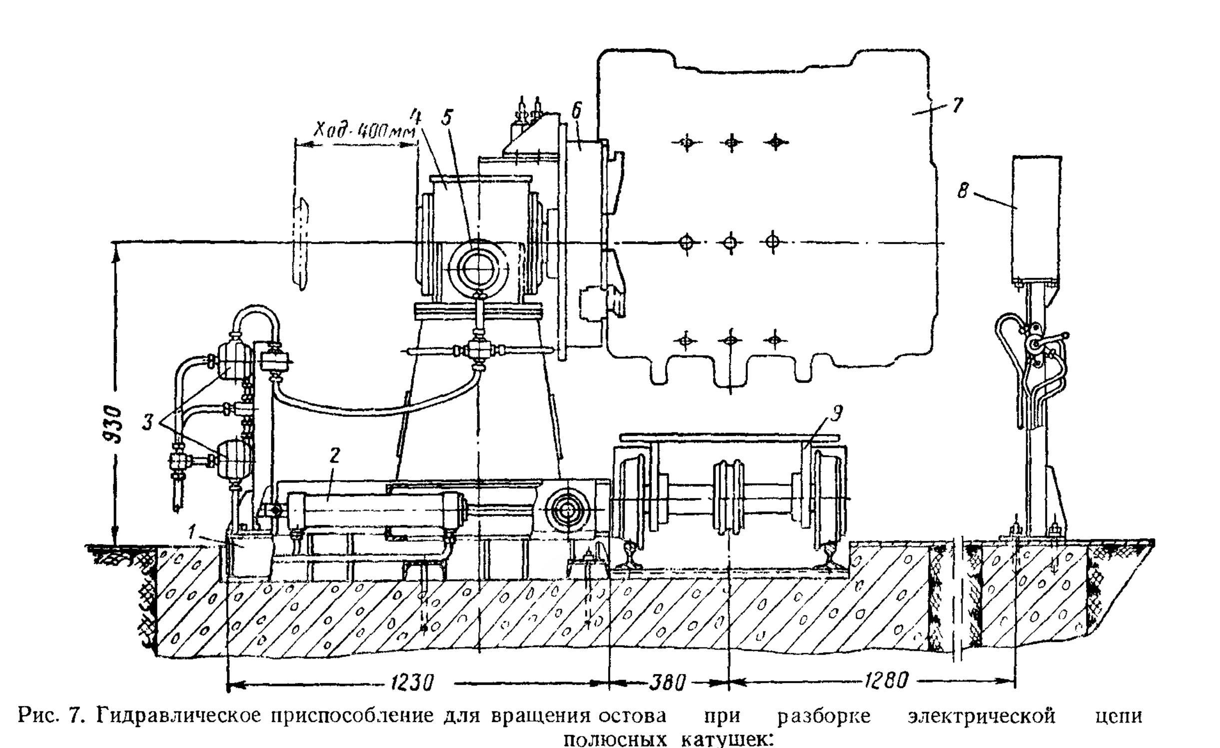


Рис. 7. Гидравлическое приспособление для вращения остова при разборке электрической цепи полюсных катушек:

1 — рама; 2 — гидроцилиндр перемещения приспособления; 3 — гидравлическая аппаратура; 4 — корпус механизма вращения остова; 5 — гидроцилиндры; 6 — трехкулачковый патрон; 7 — остов тягового двигателя; 8 — пульт управления; 9 — самоходная тележка с поднимающимся столом

Выводные кабели вынимают из отверстий остова и передают для ремонта.

Третья рабочая позиция. Эта позиция оснащена тем же технологическим оборудованием и инструментом, что и вторая, и предназначена для разборки электрических соединений катушек главных полюсов. Остов тягового двигателя на этой позиции закрепляют в патроне гидравлического приспособления стороной коллектора.

Четвертая рабочая позиция. Здесь разбирают магнитную систему остова: снимают главные и дополнительные полюсы и выпрессовывают сердечники полюсов из катушек. Для выполнения перечисленных работ позиция оборудована: гидравлическим манипулятором для вращения остова; электромеханическим гайковертом для отвертывания болтов, крепящих полюсы к остову; гидравлическим прессом для выпрессовки полюсов из катушек; специальным механизмом для выемки полюсов с катушками из остова и передачи их на гидропресс; ленточными транспортерами для транспортировки сердечников и катушек от рабочего места и укладки их в специальные контейнеры.

Гидравлический манипулятор (рис. 8) конструкции Челябинского электровозоремонтного завода МПС состоит из вертикальной сварной рамы *1*, на которой установлена тележка *8* манипулятора с трехкулачковым патроном *16* для крепления и вращения остова *17*, и гайковерта *12*, размещенного на горизонтальной подвижной раме *11*. Скорость вращения остова составляет 2—3 *об/мин,* число оборотов шпинделя гайковерта около 80—90 *об/мин.* Остов тягового двигателя самоходной тележкой *2* конвейера подают к манипулятору и закрепляют малой горловиной в трехкулачковом патроне. Первая технологическая операция на этой позиции конвейера — освобождение головок полюсных болтов от компаундной массы. Вращением специальной цилиндрической фрезы, установленной на шпинделе гайковерта, компаундную массу выкрашивают из углублений в остове. Затем фрезу снимают и на ее место устанавливают торцовый ключ для отвертывания полюсных болтов.

Демонтаж магнитной системы остова начинают со съема дополнительных полюсов. Остов двигателя поворачивают так, чтобы снимаемый полюс находился в строго верхнем положении. После этого, управляя ма-

нипулятором при помощи кнопок, внутрь остова вводят поддерживающее приспособление и прижимают его к сердечнику дополнительного полюса. Затем гайковертом, перемещающимся в горизонтальной и верти-

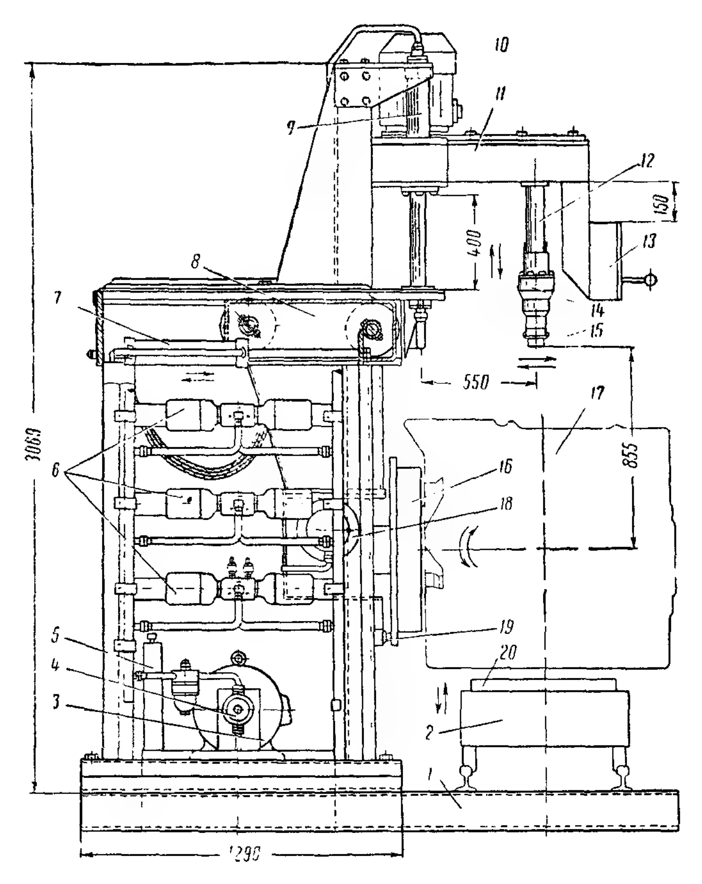


Рис. 8. Гидравлический манипулятор с электромеханическим гайковертом для разборки магнитной системы остова:

1 — рама; 2 — самоходная тележка; 3 — электродвигатель насоса; 4 — насос; 5 — гидроаккумулятор; 6 — реверсивные золотники с электрическим управлением; 7 — гидравлический цилиндр передвижения тележки манипулятора; 8 — тележка манипулятора; 9 — гидравлическое устройство перемещения гайковерта в вертикальной плоскости; 10 — электродвигатель; 11 — горизонтальная рама; 12 — гайковерт; 13 — пульт управления; 14 — фрикционная муфта; 15 — ключ; 16 — трехкулачковый патрон; 17 — остов; 18 — гидроцилиндры вращения патрона; 19 — гидравлический фиксатор патрона; 20 — поднимающийся стол тележки

кальной плоскостях, поочередно отвертывают полюсные болты и обратным движением поддерживающего приспособления передают полюс на гидравлический пресс для выпрессовки сердечника из катушки. Равномерным и плавным нажатием штока пресса на поверхность полюса выталкивают из катушки сердечник, который ленточным транспортером сбрасывается в контейнер. Освобожденную от полюсного сердечника катушку специальным гидравлическим механизмом сталкивают со стола пресса на верстак, где выполняют дальнейшую ее разборку.

Повторяя описанную операцию, сначала снимают поочередно все дополнительные, а затем главные полюсы. После разборки тягового двигателя все детали и узлы (подшипниковые щиты, крышки, буксы моторно-осевых горловин, остов, якорь и др.) перевозят для очистки и мойки на отведенное для этого место.

6. РАЗБОРКА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Для разборки вспомогательных машин необходимо значительно меньше нестандартного оборудования, приспособлений и инструмента, чем для разборки тяговых двигателей. Ее выполняют на отдельном специально отведенном рабочем участке, оборудованном мостовым краном или кран-балкой грузоподъемностью 3 *Т*.

Очистку остовов вспомогательных машин выполняют на том же оборудовании, что и тяговых двигателей.

В технологическом отношении разборка вспомогательных машин в основном аналогична разборке тяговых двигателей. Некоторую особенность имеет разборка двухмашинных агрегатов, собранных на одном валу: мотор-вентиляторов ДК-403, НБ-430 и динамоторов ДК-601 и ДК-604. Эти машины разбирают при горизонтальном положении агрегата на кантователе. При этом отсоединяют электрические провода от щеточного аппарата машины, снимают траверсу и щеткодержатели, отвертывают крепящие болты и краном снимают остов генератора управления ДК-405. Гидравлическим или винтовым приспособлением спрессовывают якорь генератора с вала якоря двигателя. Если при разборке используют винтовое приспособление, то винт вращают пнев-

матическим гайковертом. После разборки генератора управления разбирают двигатель, для чего последний кантователем переводят в вертикальное положение, снимают подшипниковый щит со стороны, противоположной генератору, и вынимают краном якорь двигателя.

Разборку мотор-генератора типа ДК-401, имеющего разъемный остов, выполняют на стеллаже в горизонтальном положении, начиная с отвертывания болтов, соединяющих между собой обе половины остова, а затем болтов, крепящих подшипниковые щиты.

После разъединения кабельных зажимов снимают верхнюю половину остова, отвертывают болты, соединяющие подшипниковые щиты с нижней его половиной, и вынимают якорь вместе со щитами. Затем якорь кладут на специальную подставку и разбирают подшипниковые узлы. У преобразователя типа НБ-429 с неразъемным остовом якорь вынимают при вертикальном положении остова.

7. РАЗБОРКА ЯКОРЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Объем работ по разборке якоря зависит от вида его ремонта. При заводском ремонте первого объема выполняют частичную разборку якоря без замены обмотки. При заводском ремонте второго объема со сменой изоляции якорь разбирают полностью: удаляют бандажи и текстолитовые клинья, вынимают якорную обмотку, спрессовывают коллектор. В случае надобности выпрессовывают вал и разбирают пакет стали сердечника якоря. При тяжелых аварийных случаях, когда в эксплуатации по каким-либо причинам произошла размотка металлических бандажей с последующим разрушением электрической и магнитной систем тягового двигателя, приходится по существу изготавливать новый якорь, так как основные его узлы обычно не поддаются восстановлению при ремонте. В этом случае заменяют железо якоря, коллектор, обмотку и т. д. Практически могут быть использованы для ремонта лишь некоторые стальные литые детали: нажимные шайбы сердечника якоря, шайбы коллектора и т. д.

Снятие роликовых колец и лабиринтовых втулок. Перед разборкой тщательно дефектируют якорь, знако-

мятся с его техническим паспортом и в зависимости от пробега в эксплуатации и состояния определяют объем ремонта. Полученные при дефектировании результаты замеров записывают в «Ремонтный лист», после чего якорь разбирают.

Сначала снимают упорные втулки и роликовые кольца с помощью электрического индукционного нагревателя (рис. 9). Лабиринтовые втулки тяговых двигателей и те роликовые кольца, которые не поддаются съему индукционным нагревателем, спрессовывают с ва-

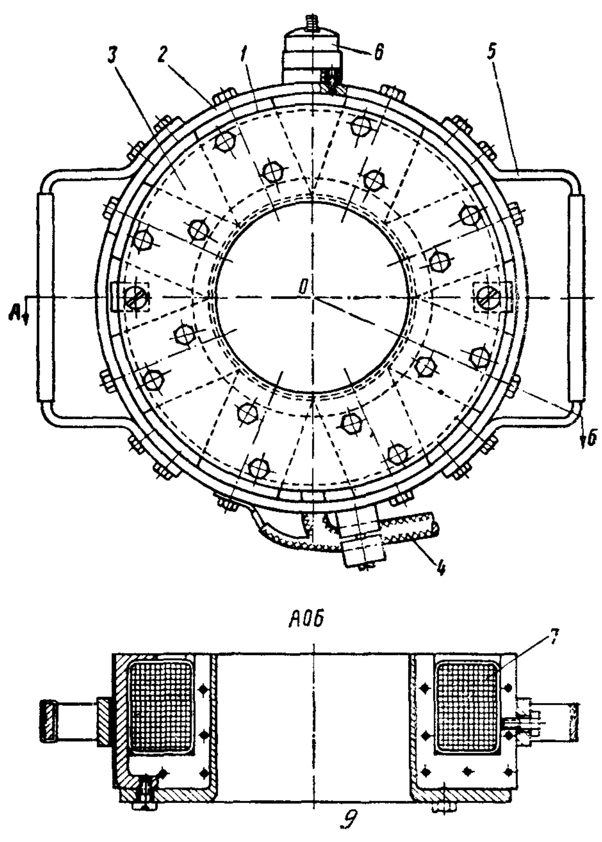


Рис. 9. Индукционный нагреватель для снятия подшипниковых колец и лабиринтовых втулок с вала якоря:

1 — сердечник; 2 — корпус; 3 — фланец; 4 — кабель; 5 — ручка; 6 — выключатель; 7 — катушка

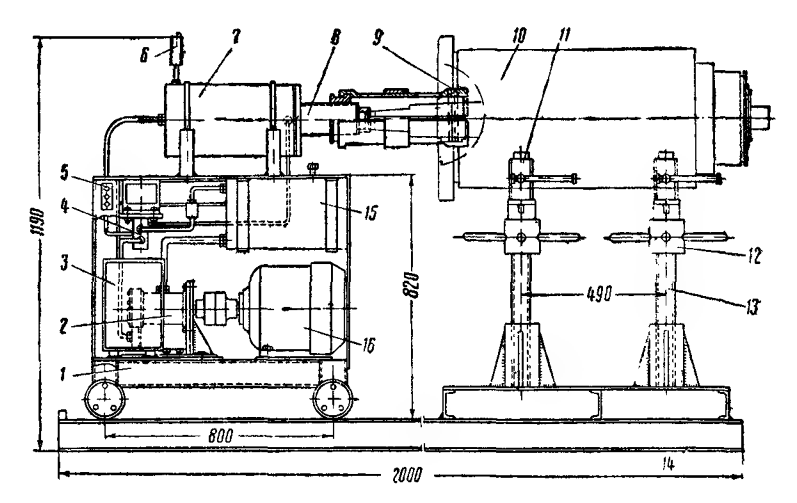


Рис. 10. Горизонтальный гидравлический пресс для снятия упорных и лабиринтовых втулок с вала якоря:

1 — тележка пресса; 2 — насос типа Н-400; 3 — магнитный пускатель; 4 — золотник типа БГ-73-21; 5 — панель управления; 6 — манометр; 7 — цилиндр; 8 — шток; 9 — приспособления для съема втулки; 10 — якорь; 11 — опоры; 12 — гайка; 13 — винт-стойка; 14 — рама; 15 — емкость для масла; 16 — электродвигатель

ла якоря на горизонтальном гидравлическом прессе. Этот пресс (рис. 10) состоит из гидравлического цилиндра с поршнем и штоком, специального приспособления для установки якоря и насосной станции.

Усилие пресса при давлении жидкости в гидросистеме 180—200 *кГ/см²* составляет 80—90 *Т*, скорость перемещения штока пресса 0,25 *м/мин*.

Снятие обмотки якоря. Для этого якорь устанавливают на вращающиеся роликовые опоры и специальным приспособлением снимают проволочные бандажи. Затем якорь устанавливают на токарный станок и прорезают резцом проводники его обмотки на расстоянии 5—6 *мм* от петушков, стремясь при этом не повредить миканитовую изоляцию коллектора. У якорей тяговых двигателей ДПЭ-340, ДПЭ-400 и НБ-411 обмотку прорезают с двух сторон: у петушков коллектора и у скобочек задних лобовых соединений со стороны, противоположной коллектору. После прорезки обмотки якорь устанавливают на станок-автомат для выпрессовки текстолито-

вых клиньев из пазов его сердечника. Выбивка клиньев ручным способом — очень трудоемкая операция. Станок-автомат, разработанный и внедренный в производство заводом МЭМРЗ, позволил полностью автоматизировать этот процесс и увеличить производительность труда в 5—6 раз.

Этот станок (рис. 11) представляет собой агрегат, состоящий из отдельных узлов, смонтированных на жесткой раме сварной конструкции. На этой раме укреплены передняя и задняя бабки, имеющие центры для установки якоря. На передней бабке смонтировано делительное устройство, работающее от пневматического привода и обеспечивающее поворот якоря на заданную величину центрального угла. На шпинделе бабки установлена планшайба с пальцем для вращения якоря. Для гашения инерции якоря, возникающей при его повороте, на бабке есть тормозное устройство, усилие которого регулируют натяжением ленты. На передней части станка расположены стойки, соединенные между собой двумя направляющими колонками, служащими для возвратно-поступательного перемещения каретки с суппортом, в котором укреплен выталкиватель для выпрессовки клиньев. Приводом (рис. 12) для перемещения каретки служит гидравлическая система, состоящая из цилиндра, насосной станции и гидроаппаратуры (насоса типа Г1224А, предохранительного клапана Г52-14 и др.).

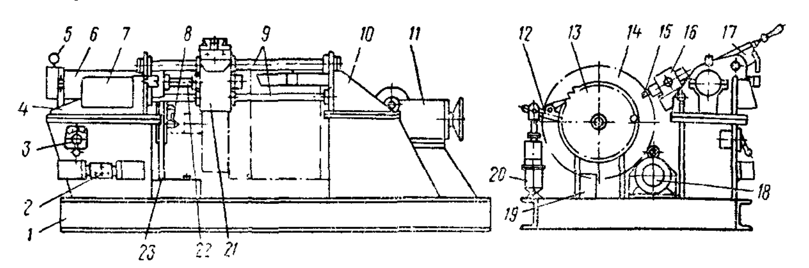


Рис. 11. Станок-автомат для выпрессовки текстолитовых клиньев из пазов якорей тяговых двигателей:

1 — рама; 2 — золотник; 3 — дроссель с регулятором; 4 — передняя стойка; 5 — манометр; 6 — цилиндр; 7 — пульт управления; 8 — планшайба; 9 — направляющие колонки; 10 — задняя стойка; 11 — задняя бабка; 12 — механизм поворота якоря; 13 — делительное устройство; 14 — обрабатываемый якорь; 15 — выталкиватель клина; 16 — держатель; 17 — суппорт; 18 — гидронасос; 19 — пневматическое распределительное устройство; 20 — пневмопривод; 21 — каретка; 22 — шток цилиндра; 23 — тормозное устройство

Взаимодействие всех органов станка и управление его работой осуществляются электрическими аппаратами, схема соединения которых представлена на рис. 13. Максимальное усилие, развиваемое на толкателе станка, равно 6 *Т*, скорость перемещения каретки при рабочем ходе 5,25 *м/мин*, при холостом ходе 8,8 *м/мин*, давление жидкости в гидросистеме 64 *кГ/см*^{2}. Станок по своей конструкции универсален, т. е. может выпрессовывать текстолитовые клинья из пазов якорей различных типов тяговых двигателей и главных генераторов тепловозов.

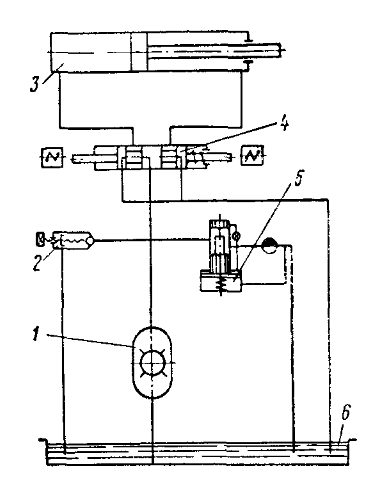


Рис. 12. Схема гидравлического привода станка-автомата для выпрессовки текстолитовых клиньев:

1 — насос типа Г12-24А; 2 — предохранительный клапан Г52-14; 3 — цилиндр, 4 — золотник 6Г73-14; 5 — дроссель Г55-23; 6 — емкость с маслом

В системе управления станком предусмотрена защита пазов сердечника якоря от повреждения выталкивателем. Если выталкиватель коснется стенки паза якоря, то сработает электрическая защита и каретка остановится. Весь процесс выпрессовки клиньев, за исключением установки и съема якоря со станка, автоматизирован. Машинное время, затрачиваемое на обработку одного якоря, зависит от длины активной части его сердечника и количества пазов. Например, на выпрессовку клиньев из пазов якоря двигателя ДК-103 необходимо около 10 *мин*, а двигателя НБ-412 — 14 *мин*.

После выпрессовки клиньев снимают обмотку якоря. Для облегчения выемки катушек из пазов целесообразно подогреть якорь в электрической индукционной печи до температуры 70—80°С. После этого специальным клином поднимают переднюю лобовую, затем пазовую и, наконец, заднюю лобовую часть верхнего слоя обмотки. Далее снимают межслойную изоляцию и в том же порядке поднимают нижний слой. При снятии об·

мотки катушки поднимают равномерно по всей длине без чрезмерного изгиба и повреждения меди. Межслойную изоляцию из гибкого или формовочного миканита

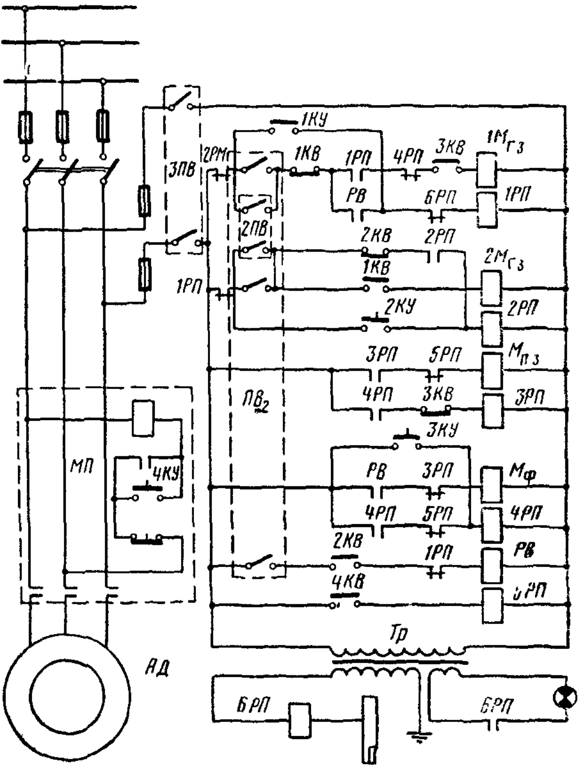


Рис. 13. Принципиальная электрическая схема станка-автомата для выпрессовки текстолитовых клиньев:

АД — двигатель; **КУ** — кнопки управления; **КВ** — конечные выключатели; **РП** — реле промежуточные; **ПВ** — пакетные выключатели; $М_{г.з.}$ — катушки золотника; **МП** — магнитный пускатель

в процессе размотки якоря осторожно снимают, сохраняя при этом монолитность. После очистки и осмотра изоляцию используют в ремонтных работах для прокладок.

Снятие обмотки якоря — весьма тяжелая и трудоемкая ручная операция. Поэтому за последнее время на заводах по ремонту электроподвижного состава и тепловозов делают попытки создать специальный ста-

нок и механизировать процесс выемки катушек из пазов якорей электрических машин. Особого внимания заслуживает конструкция станка центробежного типа, разработанная Смелянским электромеханическим ремонтным заводом, для размотки якорей двухмашинных агрегатов тепловозов.

Особеииости разборки якоря, имеющего коллектор на пластмассовой изоляции. В последние годы заводы электропромышленности начали интенсивно внедрять полимерные материалы, заменяющие дорогостоящую слюдяную изоляцию, при изготовлении тяговых двигателей и вспомогательных машин. Например, Рижский электромашиностроительный завод (РЭЗ) применяет стеклопластик АГ-4 при изготовлении коллекторов якорей ДК-106, УРТ-110А и ДК-604, заменяя им миканитовые манжеты и изоляционные цилиндры.

Существуют два способа разборки якоря с коллекторами на пластмассовой изоляции. Если коллектор имеет сопротивление изоляции ниже нормы, то якорь разбирают обычным способом, так как коллектор будут снимать с якоря и ремонтировать. Если же изоляция коллектора имеет хорошую электрическую прочность, то коллектор не спрессовывают с якоря, а для удаления обмотки распаивают петушки коллектора кольцевым индукционным нагревателем.

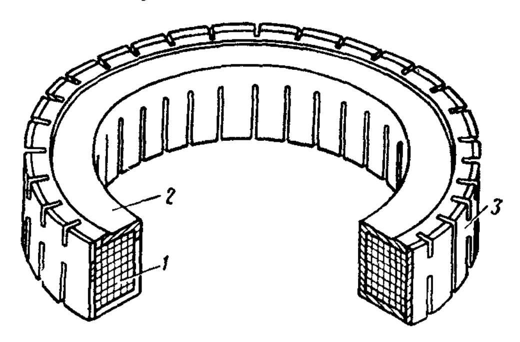


Рис. 14. Кольцевой индукционный нагреватель для распайки обмоток якоря в петушках коллектора:
1 — катушка; 2 — кольцо стальное; 3 — кожух

Нагреватель (рис. 14) представляет собой кольцо коробчатого сечения, в полости которого уложена первичная обмотка. Вторичной обмоткой служит коротко-

замкнутое стальное кольцо, на поверхность которого торцами петушков коллектора устанавливают якорь при распайке. Торцовая поверхность нагревателя в месте соприкосновения с петушками облужена слоем оловянистого припоя толщиной 0,3—0,4 *мм*, который при нагреве заполняет зазор между петушками и нагревателем, обеспечивая интенсивную передачу тепла от нагревателя к коллектору. Распайку петушков коллектора ведут при температуре 230—240°С. Время нагревания до этой температуры коллектора якоря ДК-106 составляет 15—18 *мин*. Концы секций обмотки вынимают из петушков коллектора плоскогубцами. После снятия обмотки сердечник якоря очищают от пыли, лака и остатков изоляции. Таким же способом выполняют размотку якорей вспомогательных машин.

8. ОЧИСТКА И МОЙКА УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Мойка остовов и деталей. Остовы тяговых двигателей и вспомогательных машин моют в специальных машинах. Моечная машина (рис. 15) представляет собой ванну цилиндрической или другой формы, внутри которой расположена круглая поворотная тележка, вращающаяся со скоростью 2,5 *об/мин*. Для вращения этой тележки около ванны установлены электродвигатель, червячный редуктор и пара зубчатых колес, передающих вращающий момент от редуктора на тележку.

Под корпусом ванны расположены два бака, один из которых предназначен для 4—5%-ного раствора каустической соды, другой — для чистой воды. Емкость каждого бака не менее 3—4 $м^3$. Для нагревания каустического раствора в баке установлен паровой змеевик; другой бак нагревают подачей пара непосредственно в воду. Температура каустического раствора и воды должна быть не ниже 85—90°С. Каждый бак оборудован центробежным насосом производительностью 50—60 $м^3/ч$.

В ванне машины смонтирована душевая система, предназначенная для обмывки остовов и деталей электрических машин струями моющей жидкости, направляе-

мыми специальными соплами. Моющую жидкость подают в душевую систему центробежным насосом с напором не менее 70—80 *м вод.ст.* Душевая система обес-

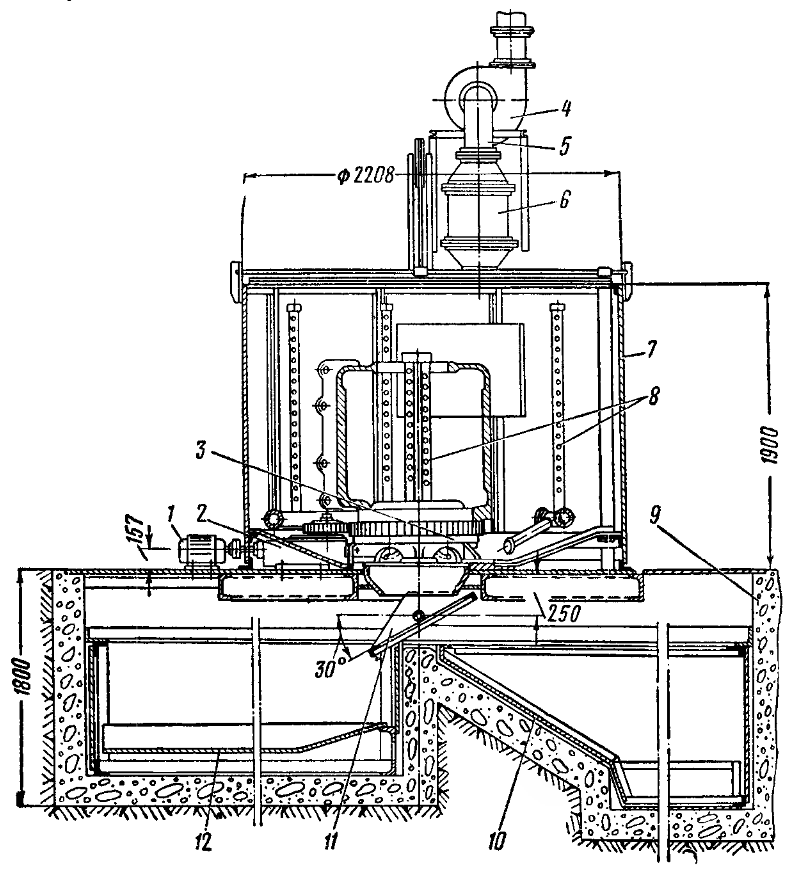


Рис. 15. Моечная машина для остовов электрических машин:

1 — электродвигатель; 2 — редуктор; 3 — поворотный стол; 4 — вентилятор; 5 — воздухопровод; 6 — влагоотделитель, 7 — моечная камера; 8 — душевая система; 9 — фундамент; 10 — ванна для раствора; 11 — сливной лоток; 12 — ванна для воды

печивает обмыв остова одновременно со всех сторон: внутри, снаружи, сверху и снизу. Камера ванны оборудована приточно-вытяжной вентиляцией для удаления испарений. В горизонтальной плоскости машины система

вентиляции создает воздушную завесу, препятствующую попаданию пара в помещение цеха при открытых крышках ванны.

После окончания работы каустический раствор перекачивают в специальный резервуар для его отстоя. Перед началом работы чистый раствор сливают в бак машины, а осевшую грязь удаляют из резервуара. Для наблюдения за процессом обмыва остова внутри ванны установлен осветитель, а в корпус машины вмонтировано смотровое стекло.

Подлежащий мойке остов устанавливают краном на поворотную тележку ванны стороной коллектора вверх, после чего пневматическими цилиндрами закрывают крышки ванны и включают насос и привод вращения тележки. Сначала остов обмывают горячей водой 5—7 *мин*, чтобы удалить часть грязи и прогреть его до температуры 60—70°С, а затем моют каустическим раствором в течение 35—40 *мин* и вновь обмывают горячей водой для удаления щелочи. Продолжительность рабочего цикла с учетом вспомогательного времени на один остов составляет 50—60 *мин*. Детали остова загружают для промывки в специальную корзину, устанавливаемую в камере моечной машины.

Мойка подшипников. Моечная машина (рис. 16) имеет два отделения: одно предназначено для очистки подшипников мыльным раствором, другое — для промывки горячей водой. В обеих камерах машины подшипники обмывают струями жидкости, нагретой до температуры 80—90°С и вытекающей под давлением из специальных распределительных головок. Давление жидкости в душевой системе моечной машины создают центробежными насосами производительностью 5—6 $м^3/ч$. Для лучшего обмыва роликовый подшипник вращают специальным поворотным устройством. В последнее время на некоторых заводах МПС появились полуавтоматические моечные машины (рис. 17), в которых роликовый подшипник в процессе промывки вращается в вертикальной плоскости и автоматически перемещается из одной камеры в другую специальным транспортирующим механизмом. Эта машина имеет также камеру для сушки подшипников подогретым сжатым воздухом.

После грубой очистки описанным способом под-

шипники передают в роликовое отделение, где перед ремонтом их еще раз промывают в керосине и бензине. Подшипники промывают в горизонтальном положении, вращая при этом сепаратор с роликами относительно наружного кольца. Ванны для керосина и бензина должны быть оборудованы вытяжной вентиляцией.

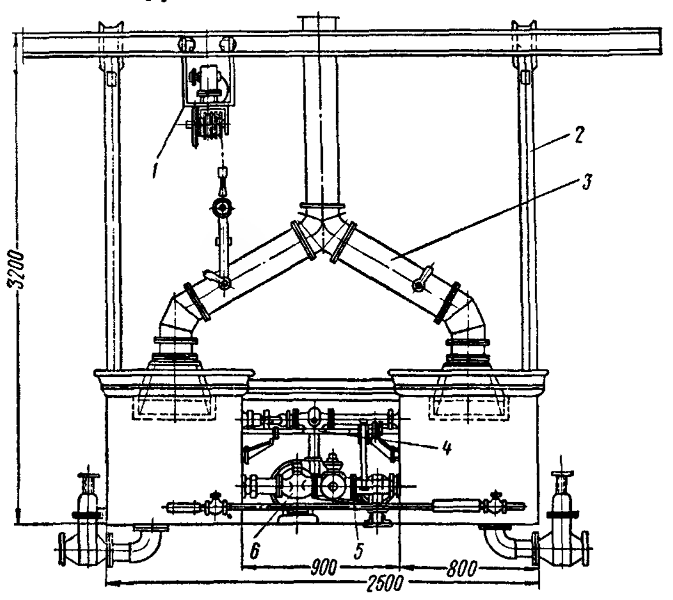


Рис. 16. Моечная машина для роликовых подшипников:

1 — электроталь; 2 — рама крепления монорельса; 3 — вытяжная вентиляция; 4 — привод вращения подшипников; 5 — насосы; 6 — парораспределитель

Очистка якорей электрических машин. Технология очистки якоря зависит от вида ремонта. Якоря, поступившие в заводской ремонт первого объема, т. е. без смены изоляции, нужно очищать очень внимательно, соблюдая определенные меры предосторожности, чтобы не повредить изоляцию обмотки и коллектора. В этом случае якоря очищают сжатым воздухом и протирают хлопчатобумажной ветошью, слегка смоченной в бензине, а вентиляционные каналы промывают горячим каустическим раствором на специальной машине. При заводском ремонте якорей со сменой изоляции после очи-

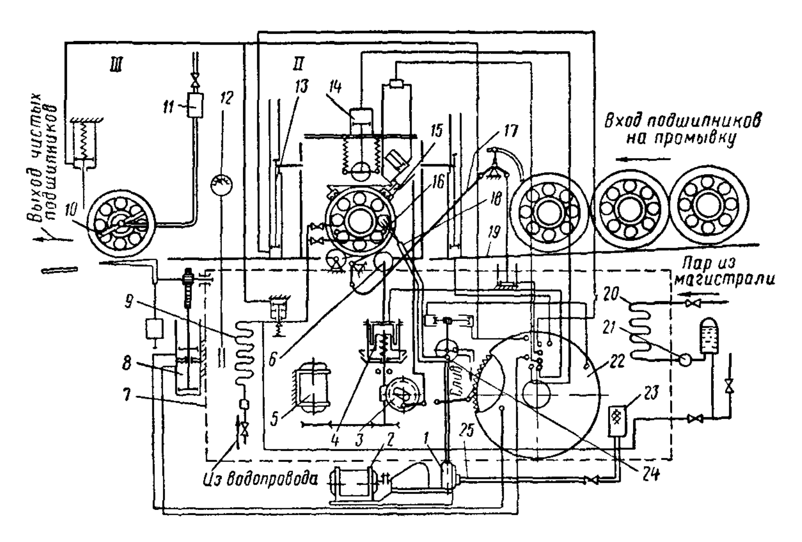


Рис. 17. Прииципиальная схема полуавтоматической установки для очисткн роликовых подшипников:

1 — насос типа ЗК-9; 2 — электродвигатель; 3 — червячно-кулачковый механизм; 4 — муфта фрикционная; 5 — электродвигатель; 6 — ведущий ролик вращения подшипника; 7 — бак с эмульсией; 8 — пневматический механизм перекантовки подшипника; 9 — змеевик нагреваиия воды; 10 — вращающееся сопло очистки подшипников сжатым воздухом; 11 — масловодоотделитель; 12 — термометр; 13 — защитиые шторки; 14 — механизм прижима подшипника; 15 — щетка для очистки; 16 — сопло обмывки чистой водой; 17 — устройство траиспортироваиия; 18 — сопло обмыва эмульсией; 19 — лоток-питатель; 20 — змеевик нагревания эмульсии паром; 21' — отвод конденсата; 22 — золотник; 23 — фильтр; 24 — золотник обмыва; 25 — заборная труба; I — накопительная камера; II — камера очистки подшипников горячей эмульсией; III — камера очистки сжатым воздухом

стки сжатым воздухом их промывают со всех сторон в специальной ванне, представляющей собой камеру, внутри которой расположены роликовые опоры для вращения якоря в горизонтальной плоскости. Мокрую очистку якорей выполняют смесью воды и бензина с температурой 70—80°С или другим раствором.

9. ДЕФЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Остов. При дефектировании остовы тяговых двигателей и вспомогательных машин подвергают внешнему осмотру для выявления трещин, отломов кронштейнов

и прочих видимых дефектов. Трещины обнаруживают при помощи лупы 4—6-кратного увеличения.

Проверке подлежат все резьбовые и гладкие отверстия. Последние в зависимости от диаметра проверяют пробками, скобами, калибрами или универсальным мерительным инструментом. Ответственные резьбовые отверстия (для крепления подшипниковых щитов, крышек, кожуха зубчатой передачи и пр.) проверяют проходными и непроходными резьбовыми калибрами 3-го класса точности.

Независимо от вида ремонта двигателя штихмассом проверяют диаметры горловин под моторно-осевые подшипники и подшипниковые щиты, при этом буксы моторно-осевых подшипников должны быть плотно привернуты к остову. Наличие эллиптичности определяют по разнице двух взаимно перпендикулярных диаметров, а конусности — по разнице диаметров в начале и конце горловин. Длину остова по торцам горловин под подшипниковые щиты измеряют специальной микрометрической скобой. Толщину привалочных выступов для крепления букс и толщину горловины для крепления подшипниковых щитов проверяют штангенциркулем. Износ пластин опорных кронштейнов устанавливают внешним осмотром, измерением их толщины и проверкой расстояний между верхним и нижним кронштейнами. Кроме того, проверяют целостность и прочность заклепок.

Для контроля централи берут средние значения радиусов горловин моторно-осевых подшипников, горловин под подшипниковые щиты и прибавляют размер перемычки между ними.

Буксы моторно-осевых горловин. Износ посадочных поверхностей букс, в результате которого нарушается их тугая посадка в остов, проверяют специальной скобой с микрометрическим винтом. Измерения делают в начале и конце замковых соединений каждой буксы. Трещины в литье стенок масляных камер обнаруживают проверкой на непроницаемость гидравлической опрессовкой.

Подшипниковые щиты и крышки. При дефектировании обязательной проверке подлежат диаметры посадочных поверхностей щитов в остов и крышек в щиты; их измеряют микрометрическими скобами. Диаметр

гнезда под подшипники проверяют проходными и непроходными калибрами. Диаметр и длину лабиринтовых отверстий, а также глубину канавок проверяют специальными шаблонами.

Сердечники главных и дополнительных полюсов. При осмотре и дефектировании сердечников полюсов особое внимание обращают на прочность заклепок, отсутствие трещин и изломов в боковинах главных полюсов и в диамагнитных угольниках дополнительных полюсов. Обязательной проверке подлежат резьбовые отверстия для крепления полюсов к остову. При срыве резьбы более чем двух ниток или несоответствии требованиям калибров 3-го класса точности резьбу бракуют и стержень главного полюса заменяют новым. К дефектам полюсов относят значительные забоины на поверхности прилегания к остову и на поверхности, обращенной к якорю. Особое внимание обращают на распушение и расслоение листов сердечника главного полюса.

Кронштейны и щеткодержатели. Электрическую прочность изоляции кронштейнов щеткодержателей проверяют мегомметром. Поврежденную изоляцию с подгарами и обугливанием бракуют. К изоляторам предъявляют требования целостности глазури, отсутствия трещин и отколов; при указанных дефектах изоляторы заменяют.

При дефектировании щеткодержателей окна под щетки проверяют проходными и непроходными калибрами. Щеткодержатели, имеющие срыв ниток резьбы, смятие гребенок, трещины в корпусах, разработанные отверстия под болты и оси, подлежат восстановлению при ремонте. Мелкие детали щеткодержателей — оси, обоймы, нажимные пальцы, пружины — в случае их неисправности не ремонтируют, а заменяют новыми.

Катушки полюсов. Перед снятием полюсов с остова измеряют омическое сопротивление цепей главных и дополнительных катушек в холодном состоянии, а также проверяют их электрическую прочность изоляции. Пробой изоляции катушек полюсов обнаруживают мегомметром (при пробое изоляции мегомметр дает нулевое показание).

Обрыв шин и надломы витков катушек определяют по завышенному сопротивлению, замеряемому мостом. Этим же методом выявляют и распайку выводных кон-

цов в патронах. На отсутствие межвитковых замыканий катушки проверяют специальным прибором, принцип работы которого основан на подаче высокого импульсного напряжения. Катушки тяговых двигателей, имеющие пробои изоляции, межвитковые замыкания, обгары изоляции, изломы зажимов и другие дефекты, передают в ремонт. Катушки вспомогательных машин, изготовленные из тонких проводников и имеющие какой-либо из указанных дефектов, бракуют и не ремонтируют.

Вал якоря. Для предупреждения выпуска на линию электрических машин с валами, имеющими скрытые трещины или иные дефекты, нарушающие их механическую прочность, проводят магнитную дефектоскопию валов, позволяющую своевременно обнаружить и изъять бракованный вал. Магнитному контролю по всей длине подлежат валы тяговых двигателей ДК-103 после пробега 550 тыс. *км*, для чего вал выпрессовывают из сердечника якоря. Валы других машин проверяют, не выпрессовывая их из якорей, но сняв предварительно кольца роликовых подшипников, упорные и лабиринтовые втулки. Для магнитной дефектоскопии валов используют круглый эксцентричный или седлообразный магнитный дефектоскоп системы Геккера. Для обнаружения дефекта применяют магнитную смесь из трансформаторного масла, керосина и железного порошка.

Дефектоскоп устанавливают на проверяемый участок вала, включают намагничивающую катушку дефектоскопа и поливают контролируемый участок вала струей хорошо размешанной магнитной смеси. При этом порошок скапливается по контурам трещин и дает четкое очертание дефектного места. Во избежание ошибок участок вала, на котором обнаружено скопление железного порошка, проверяют вторично. Контроль выполняют последовательным перемещением дефектоскопа по участкам вала длиной 150—200 *мм*. После проверки вала по всей длине его дважды поворачивают на 120° и в каждом из этих положений также проверяют указанным способом.

Результаты магнитного контроля записывают в Журнал регистрации проверки валов магнитным контролем и в Ремонтный лист. В тех случаях, когда трещин не обнаружено, измеряют микрометром диаметры шеек вала под посадку роликовых колец, а также уп-

лотняющих и лабиринтовых втулок для определения их износа. Кроме того, специальным калибром замеряют диаметр и длину конуса вала. Резьбу на конце конуса и в отверстиях на торце вала под стопорные болты (ДК-103, УРТ-110, ЭДТ-200) проверяют резьбовыми калибрами 3-го класса точности.

Роликовые кольца и лабиринтовые втулки. Эти детали снимают с вала, осматривают и измеряют по наружным и внутренним диаметрам и длине. Роликовые



Рис. 18. Приспособление для механизированного вращения якорей при дефектировании:

1 — якорь; 2 — корпусы подшипниковых узлов, 3 — кнопки управления; 4 — рама; 5 — плита; 6 — обрезиненные валы

кольца, имеющие трещины, выработку по беговой дорожке, риски, раковины и другие дефекты, не позволяющие исправить кольцо в пределах норм, бракуют и повторно не используют.

Обмотка якоря, коллектор. Осматривают и дефектируют обмотку на специальном стенде, обеспечивающем вращение якоря. Этот стенд (рис. 18) состоит из стальной сварной рамы, четырех пар обрезиненных валов и соответствующего количества червячных редукторов и электродвигателей мощностью 0,4 *квт* каждый. Нажатием кнопки якорь поворачивают в удобное для дефектирования положение. Скорость вращения якоря не

превышает 5—6 *об/мин*. Многоместный стенд позволяет осматривать и параллельно дефектировать четыре якоря одновременно.

Электрическую прочность изоляции обмоток якорей проверяют мегомметром, нулевое показание которого указывает на наличие пробоя.

На некоторых якорях при внешнем осмотре обнаруживают подгары коллекторных пластин и выплавление припоя из их петушков. Следы выгорания изоляции между двумя диаметрально противоположными парами соседних коллекторных пластин при волновой обмотке свидетельствуют о наличии полного или частичного обрыва витков обмотки якоря. В процессе дефектирования проверяют обмотку якоря на межвитковые замыкания, целостность электрической цепи и качество пайки катушек.

При заводском ремонте первого объема проверяют качество пайки металлических бандажей, а также целостность и прочность посадки текстолитовых клиньев в пазах сердечника якоря. Коллектор при дефектировании подвергают внешнему осмотру и измеряют диаметр его рабочей поверхности, диаметр по петушкам и длину петушков в осевом направлении. Полученные результаты измерений записывают в ремонтный лист.

Сердечник якоря. При осмотре сердечника якоря особое внимание обращают на следующие дефекты: ослабление и распушение пакета стали, повреждение поверхности зубцового слоя, криволинейность пазов, прожоги и изломы зубцов, трещины в нажимных шайбах и вентиляторах. При обнаружении перечисленных дефектов сердечник якоря подлежит переборке с ремонтом или заменой негодных деталей.

III

РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЯКОРНЫХ КАТУШЕК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Тяговые двигатели электроподвижного состава и тепловозов в зависимости от величины тока имеют петлевые или волновые обмотки якорей с одновитковыми катушками, изготовленными из шинной меди прямоугольного сечения.

Якорные обмотки вспомогательных машин обычно имеют многовитковые катушки, изготовленные из изолированной меди. Исключение составляют вспомогательные машины, рассчитанные на большой ток (генераторы), для которых якорные обмотки изготавливают из шинной меди.

После снятия обмотки с якорей тяговых двигателей медь катушек очищают от изоляции и подготавливают к повторному использованию. Проволочные катушки якорей вспомогательных машин не ремонтируют.

10. ОЧИСТКА ЯКОРНЫХ КАТУШЕК ОТ СТАРОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Очистку катушек от старой изоляции выполняют механическим или химическим способом, причем последний не должен вызывать окисления меди. Подготовка к очистке заключается в снятии покровной изоляции и спрямлении меди катушек в местах перехода пазовых частей в лобовые. Эту операцию выполняют на пневматическом прессе (рис. 19). Для облегчения удаления старой изоляции катушки на 6—8 *ч* погружают для распаривания в ванну с водой, имеющей температуру 90—100°С, после чего выгружают из ванны и охлажда-

ют на воздухе 1—2 *ч*. Изоляцию снимают на специальном станке вращающимися стальными щетками. Для удаления слюдяной пыли, образующейся при чистке катушек от старой изоляции, станок оборудован интенсивной вытяжной вентиляцией.

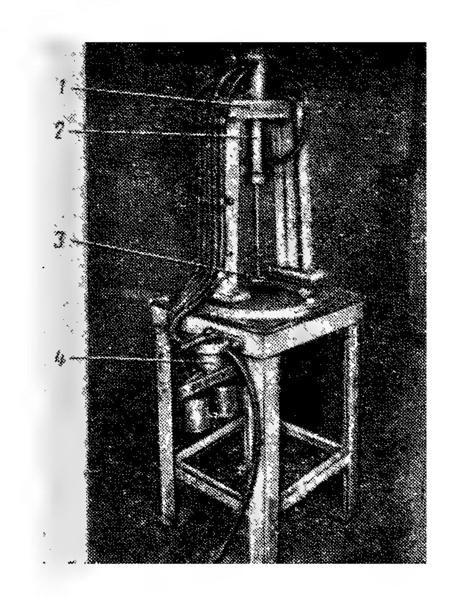


Рис. 19. Пневматический пресс для правки якорных катушек:

1 — станина, 2 — цилиндр; 3 — боек; 4 — кран управления

Если размягчение или очистку изоляции катушек выполняют в кислотных или щелочных растворах, то после удаления изоляции медные шины нейтрализуют и тщательно промывают в горячей проточной воде. Для улучшения качества очистки и восстановления первоначальной структуры меди некоторые заводы подвергают секции нагреву в специальных печах светлого отжига. Конструкция такой печи позволяет отжигать медь без доступа воздуха с последующим охлаждением в воде.

Печь светлого отжига состоит из следующих основных частей: каркаса, колпака, двух подъемных столов и приводных механизмов движения и подъема. Медь нагревают нагревателями, укрепленными на изоляционных втулках внутри колпака. Мощность печи 60 *квт*, температура внутри колпака 500—600°C, время отжига 0,5—1,5 *ч*. На рис. 20 показана схема работы печи. Загружают катушки на правую площадку и разогревают колпак (рис. 20, *а*). Затем корзины с катушками опускают в воду (рис. 20, *б*), а колпак надвигается на правую часть печи (рис. 20, *в*). Во время отжига катушек (рис. 20, *г*) загружают корзинами с катушками левую площадку, после чего обе площадки опускаются

(рис. 20, *д*). Далее колпак передвигается в левую часть печи (рис. 20, *ж*); одновременно с отжигом меди происходит распарка изоляции.

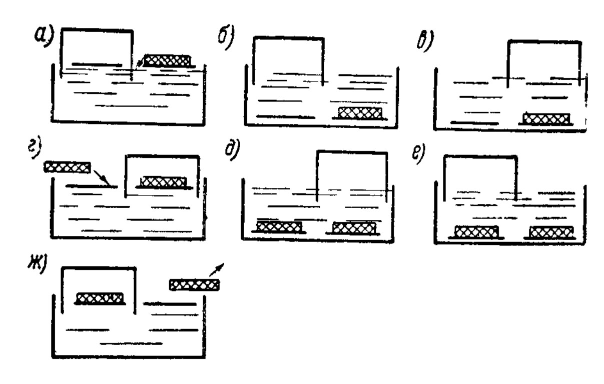


Рис. 20. Схема работы печи светлого отжига меди

Выделяющиеся в процессе отжига изоляции катушек газы и образующийся пар выходят в систему вентиляции через отверстие верхней части колпака. Электрическая цепь предусматривает автоматическое и ручное управление работой печи светлого отжига. После отжига катушки опускают в слабый раствор серной кислоты на 5—10 *мин* для удаления пленки окислов, затем медь нейтрализуют и промывают в горячей воде.

11. ПОДГОТОВКА К ФОРМОВКЕ КАТУШЕК ИЗ НОВОЙ МЕДИ

Технология ремонта и изготовления разрезных и неразрезных катушек отличается друг от друга. Головки неразрезных катушек формуют при их изготовлении, а разрезных — сваривают после укладки полукатушек в пазы якоря.

Подготовка к формовке катушек неразрезной обмотки. Подготовка к формовке катушек из новой меди включает следующие основные операции: нарезку и рихтовку заготовок, изгиб головок, зачистку и лужение концов. Медь проводников катушек режут на протяжно-отрезных станках различных конструкций.

На ряде ремонтных заводов применяют медерезальный станок-автомат (рис. 21) для рихтовки и резки медных полос с длиной отрезаемых заготовок от 200 до 2000 *мм* и сечением от 6 до 80 *мм*^{2}. Станок оснащен каруселью с горизонтальным, свободно вращающимся диском. Диск приводится в движение самим станком, постепенно раскручивающим бухту меди. При работе на медерезальном станке-автомате в обязанность рабочего входит лишь установка местной кран-балкой бухты меди на карусель и заправка шины в направляющие ролики станка. Конструкция станка обеспечивает боковой сброс отрезанных проводников на специальный лоток.

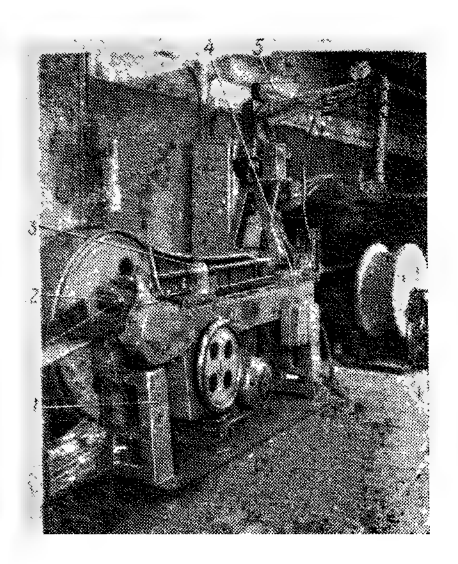


Рис. 21. Медерезальный станок-автомат:

1 — станина; 2 — механизм резки; 3 — каретка; 4 — механизм рихтовки; 5 — кран-балка

Отрезанные и выправленные заготовки проводников катушек соответствующего сечения и длины (табл. 3)

Таблица 3

Тип машины	Размеры проводника в *мм*	Развернутая длина заготовки в *мм*	Количество в шт.	
			шин в одной катушке	катушек в комплекте
НБ-412	1,0×7,4	1920	14	75
НБ-406	1,08×8,6	2120	14	58
ТАО-649	1,56×5,5	1650	9	87
ДК-106	1,08×13,5	1680	7	47
ДК-103	0,9×12,5	1760	7	43
ДК-304	2,1×8,6	1680	6	50

поступают на загибку головок. Головку неразрезной катушки при загибании на ребро сдвигают по отношению к середине шины, так как нижняя половина катушки, укладываемая на дно паза сердечника якоря, всегда короче верхней половины.

Формовка головки — одна из основных операций изготовления одновитковых катушек якоря. Раньше ее

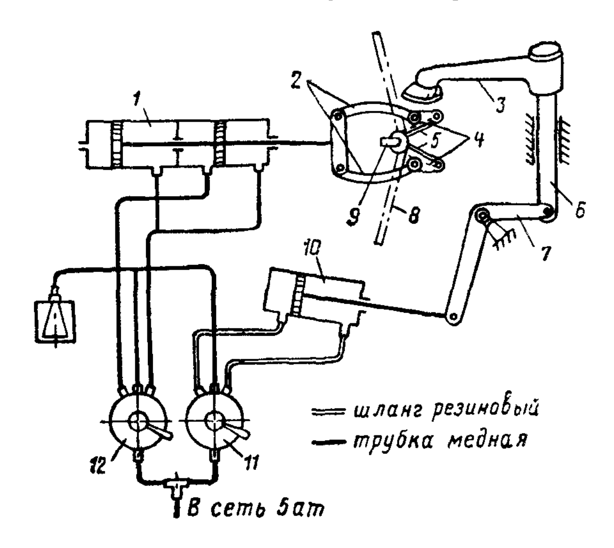


Рис. 22. Кинематическая схема станка для изгиба головок катушек якоря

выполняли вручную на рычажных приспособлениях; работа была малопроизводительной и ограничивалась одновременной формовкой по высоте пакета из пяти — семи проводников. В настоящее время для этих целей применяют пневматический станок конструкции Харьковского электромеханического завода (ХЭМЗ).

Из кинематической схемы станка (рис. 22) видно, что для зажима медных проводников катушек *8* предназначен пневматический цилиндр *10*, от которого через систему штока *6* и рычага *7* усилие прижима передается на головку *3*. Механизм гибки состоит из двух одинаковых частей, связанных разъемным штоком цилиндра *1*. К штоку прикреплена равносторонняя траверса с двумя шарнирно укрепленными рычагами *2*,

по которым скользят ползуны *4*, имеющие регулировочные винты для установки положения секторов *5* в зависимости от ширины медных шин катушек. Станок для изгиба головок управляется пневматическими кранами *11* и *12*.

Для гибки шин катушек прижимное устройство отводят в сторону, закладывают комплект шин между секторами и оправкой и регулировочными винтами плотно прижимают секторы к шинам. Далее поворачивают прихват, включают прижим, а затем механизм гибки. В процессе работы станка сферическая поверхность секторов *5* обжимает комплект медных шин вокруг оправки *9*. Рабочий при управлении станком не затрачивает больших усилий, кроме закладки пакета проводников и их съема после формовки головки. В целях предохранения при загибке головок изоляции проводников якорных катушек двигателей ТАО-649, ДК-806, ЭДТ-200, изготавливаемых из изолированных проводов ПСДК, ПСД, ПДА, место загиба головки на расстоянии 100—150 *мм* дополнительно изолируют тафтяной лентой.

Подготовка к формовке катушек разрезной обмотки. Обмотка якорей электровозных тяговых двигателей ДПЭ-340, ДПЭ-400 и НБ-411 состоит из 114 разрезных полукатушек. Для более равномерного распределения тока по сечению пазовой части проводника полукатушки выполняют из двух параллельных полушин, которые перегибают (транспозируют). Это уменьшает дополнительные потери и нагревание обмоток. Полушины катушек разрезной обмотки вырубают на специальных компаундных штампах из медных лент шириной 57 *мм* и толщиной 0,58 (для ДПЭ-340) и 0,8 *мм* (для ДПЭ-400 и НБ-411). Одновременно с вырубкой полушин катушек штамп высекает в них прорези по длине пазовой части (рис. 23, *а*), в которые после отжига и перегиба (рис. 23, *б*) закладывают изоляцию из микаленты ЛФЧ-Б толщиной 0,08 *мм*. Затем две полушины, сложенные вместе, подвергают правке и калибровке (рис. 23, *в*).

Эти операции выполняют, используя различные приспособления [3]. В процессе изготовления разрезных катушек медь многократно перегибают и она становится более твердой и хрупкой. Поэтому после штамповки, изгиба и калибровки катушки проходят отжиг с после-

дующим охлаждением в воде. Затем на полировочных станках войлочными кругами, смазанными пастой, состоящей из клея и мелкого наждачного порошка, сни-

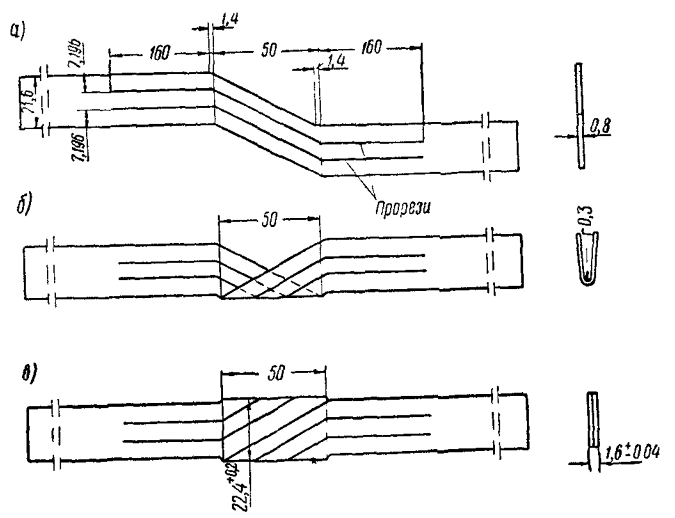


Рис. 23. Заготовка шин якорных катушек двигателей НБ-411 и ДПЭ-400:

а — полушина после штамповки, б — полушина после перегибания, в — шина (две полушины) после правки и калибровки

мают выступающие заусенцы в местах транспозиции и по всей длине шины катушек зачищают поверхности от налета окалины.

12. ПОДГОТОВКА К ФОРМОВКЕ КАТУШЕК ИЗ МЕДИ, БЫВШЕЙ В УПОТРЕБЛЕНИИ

Поступающие после очистки шины проводников снятых с якорей двигателей катушек должны быть чистыми со всех сторон, скомплектованы и связаны проволокой в пакеты. При сортировке этих катушек проверяют комплектность и отбраковывают непригодные — с выжигами и трещинами в лобовых и пазовых частях.

Подготовка к формовке катушек неразрезной обмотки. Подготовку к формовке катушек из меди, бывшей в употреблении, для моторвагонных тяговых дви-

гателей ДК-106 и ДК-103 начинают с правки шин после очистки от старой изоляции и отжига меди. До последнего времени эту работу выполняли на правильных штампах, установленных на эксцентриковом прессе с усилием 16—25 *Т*. Штамп имеет нижние и верхние бойки с Г-образными уступами, образующими окно с размерами, соответствующими ширине и толщине шин якорных катушек.

Проектно - конструкторско - технологическим бюро (ПКТБ ЭПС) разработан проект полуавтоматического станка (рис. 24) для правки медных шин при ремонте катушек якорей. Станок имеет непрерывные тяговые цепи *2*, на которые укреплены крюки *3* для захвата головок катушек и протаскивания их через обоймы с нажимными роликами и колодками *4*, и правильные дис-

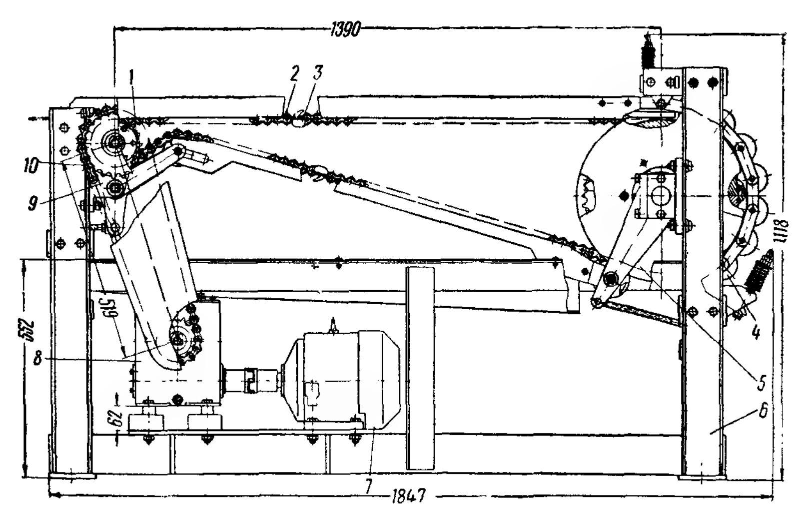


Рис. 24. Полуавтоматический станок для правки меди катушек:
1 — рабочий вал; 2 — тяговая цепь; 3 — крюк; 4 — обойма с нажимными роликами и колодками; 5 — вал с набором дисков и роликов; 6 — станина; 7 — электродвигатель; 8 — редуктор; 9 — передняя стойка с механизмом включения кулачковых муфт; 10 — цепь привода

ки и ролики *5*. Проточки в правильных дисках соответствуют размерам медных шин катушек определенных типов обмоток якорей. Производительность станка составляет (ориентировочно) до 6000 шин за смену.

Подготовка к формовке катушек разрезной обмотки. В процессе подготовки к формовке катушек якорей ДПЭ-400, НБ-411 и ДПЭ-340 шины выправляют по плоскости, разделяют по длине и отбраковывают с негодной и перекрученной транспозицией. Для восстановления длины к полушинам верхних и нижних полукатушек в процессе их ремонта приваривают удлиняющие концы из полосовой меди длиной 175 *мм* и толщиной, соответствующей толщине восстанавливаемых типов катушек. Во избежание обрывов проводников в процессе эксплуатации двигателей удлиняющие концы изготавливают из новой меди.

Обрезка и сварка удлиняющих концов катушек. Концы шин катушек якорей после правки обрезают и наращивают медными шинами, сваривая их латунным припоем. Для этого выправленные шины укладывают на шаблон и отмечают по шаблону место обрезки концов катушек со стороны коллектора. Разметку под обрезку концов делают так, чтобы в местах обреза не оставалось следов полуды и предыдущих сварок. При этом для неразрезных обмоток допустимо не более четырех стыков по всей длине шины меди и двух соединений в одной полушине катушек якорей разрезных обмоток. Сварка меди в головках и углах перегибов шин запрещена. Во избежание местных утолщений места соединений шин в катушке располагают уступами с интервалом 5—6 *мм* в разных местах лобовых и пазовых частей.

Проводники катушек в местах пайки должны иметь достаточную механическую прочность и хорошую проводимость, поэтому для увеличения контактной поверхности концы меди после отрезки тщательно зачищают на 8—10 *мм* от края на наждачном круге, а затем полируют. Шины катушек сваривают на специальном контактном сварочном трансформаторе. В качестве припоя применяют латунь в виде тонких пластин размером 4×20 *мм* и толщиной 0,1—0,15 *мм*. Перед сваркой конец шины и заготовку удлиняющей медной планки смачивают в растворе буры, накладывают их концы один на другой внахлестку на 2—4 *мм* и помещают между ними пластинки латунного припоя. После этого места сварки шин зажимают между угольными контактами-электродами сварочного трансформатора и нагревают до полного расплавления припоя (примерно до 850°С).

Во время сварки следят за тем, чтобы свариваемые шины были расположены строго по прямой или радиусу загиба лобовых частей. Доводку размеров шин по толщине и ширине в местах сварки выполняют на специальном приспособлении. После калибровки наплывы припоя обрезают на вибрационных ножницах или обрубают на штампе (рис. 25), а острые грани в местах сварки скругляют радиусом 0,3—0,5 *мм* с последующей зачисткой на полировальном станке.

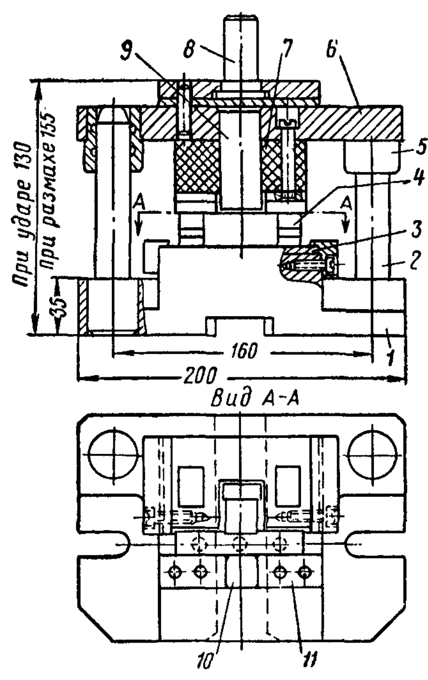


Рис. 25. Штамп для обрубки наплывов после сварки шин катушек якоря двигателя ДК-106:

1 — плита нижняя; 2 — колонка; 3 — планка подвижная; 4 — кулачок; 5 — втулка направляющая; 6 — плита верхняя; 7 — амортизатор; 8 — хвостовик; 9 — пуансон; 10 — матрица; 11 — упор

Зачистка и лужение концов шин катушек. Перед нанесением слоя полуды концы шин катушек со стороны коллектора на расстоянии 60—70 *мм* от конца зачищают металлическими щетками на специальном станке (рис. 26). Этот станок с нижней непереставляемой металлической щеткой имеет два быстроходных электродвигателя малой мощности, легкую сварную станину и кронштейн с направляющими для зачистки концов.

Для зачистки концов шин якорных катушек используют металлические щетки с диаметром проволоки 0,8—1 *мм.* В процессе зачистки концов катушек и уравнительных соединений с изоляцией ПСД и ПСДК щетки по ширине получают значительный местный износ из-за большого удельного давления, поэтому при интенсивной работе их периодически затачивают по

окружности. Для зачистки концов катушек, изготавливаемых из обмоточных проводов со стеклянной изоляцией, станок оснащают мощной вентиляцией, обеспечивающей быстрый отсос как снятой изоляции, так и раздражителя кожи человека — мельчайшей стеклянной пыли.

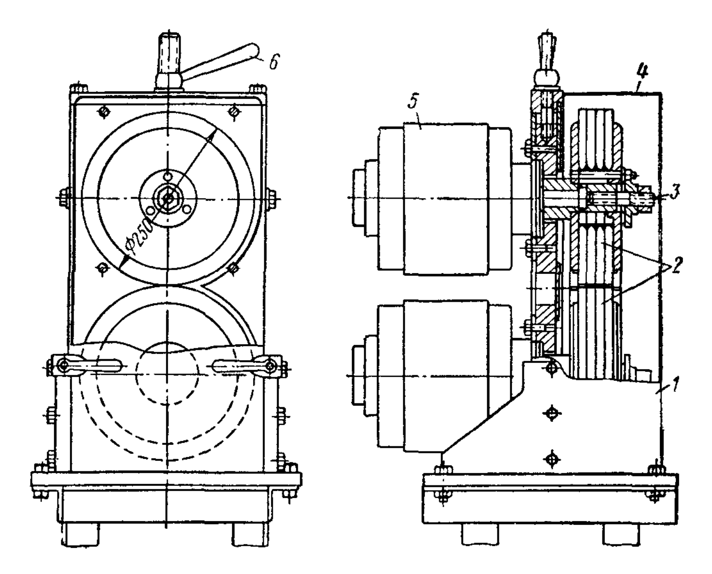


Рис. 26. Станок для зачистки концов катушек:
1 — основание; 2 — щетки металлические; 3 — вал; 4 — защитный кожух; 5 — электродвигатель; 6 — прижим

Концы катушек якорей тяговых двигателей с изоляцией класса В подвергают горячему лужению в электрических лудильных ваннах припоями ПОС-40 или ПОС-61. Для этого после зачистки концы шин опускают в раствор из 50% канифоли и 50% бензина, а затем в ванну с припоем. Для катушек ТАО-649 с изоляцией класса Н при лужении концов применяют чистое олово. Излишки полуды, наплывы и флюс снимают на станке волосяными щетками. Слой полуды должен быть ровным, без подтеков и шероховатости. При обнаружении после лужения темных пятен на поверхности концов шин катушек эти места зачищают вновь и подлуживают вторично.

13. ФОРМОВКА МЕДИ КАТУШЕК ЯКОРЕЙ И УРАВНИТЕЛЕЙ

Формовка меди катушек неразрезной обмотки. Процесс формовки меди катушек петлевой и волновой обмоток якорей при заводском ремонте электрических машин состоит из операций развода головки, формовки

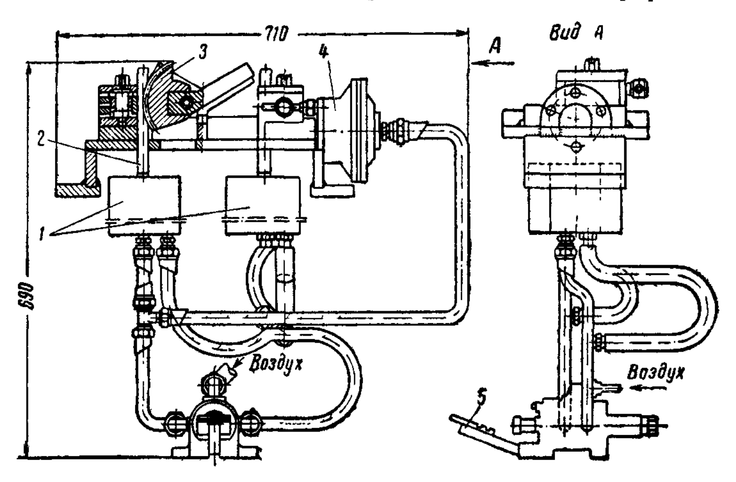


Рис. 27. Пневматическое приспособление для развода головок якорных катушек тяговых двигателей:

1 — пневматические цилиндры; 2 — реечный шток; 3 — зубчатый сектор; 4 — пневматическая диафрагма; 5 — педаль крана управления

лобовых и пазовых частей на специальных шаблонах (горбылях).

Головки заготовок шин катушек разводят в специальном приспособлении, закрепляемом в пневматических тисках. При разбивке головки следят за правильным разведением верхней и нижней половин лобовых частей катушек по рабочим поверхностям приспособления. На заводе МЭМРЗ для повышения производительности труда при разводе головок используют рычажное пневматическое приспособление (рис. 27), которое состоит из двух зубчатых секторов *3*, реечных штоков *2*, пневматических цилиндров *1*, пневматической диафрагмы *4* для зажима пакета проводников и крана управления с педалью *5*.

Для формовки нижней и верхней половин катушек неразрезных обмоток используют специальные шаблоны-горбыли (рис. 28), которые представляют собой макет сердечников якорей с центральными углами, соответствующими шагам обмоток якорей по пазам. Основное преимущество таких приспособлений — точная формовка меди катушек.

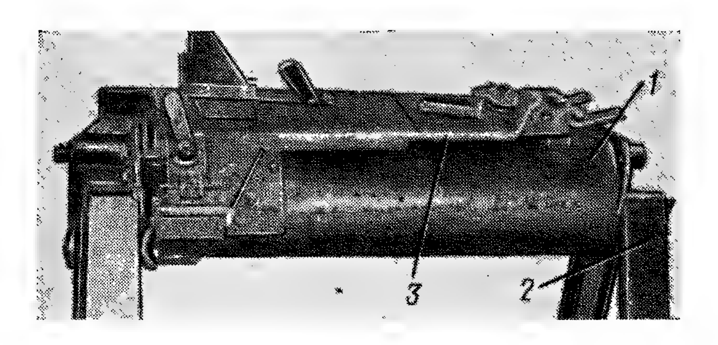


Рис. 28. Горбыль для формовки меди катушек иеразрезиой обмотки:
1 — горбыль; 2 — стойкн; 3 — катушка

На ряде ремонтных заводов внедрена технология механизированного наложения межвитковой изоляции на шины проводников катушек якорей НБ-406 и НБ-412 до их формовки. Применяемые в этом случае шаблоны-горбыли позволяют изгибать лобовые и пазовые части без повреждения изоляции. Однако при формовке изолированных проводников соблюдают осторожность, чтобы не повредить изоляцию, особенно в углах. Для этого применяют подбойки и текстолитовые молотки, обитые резиной, а отформованные катушки укладывают на стеллажи, покрытые линолеумом. Горбыли для формовки меди катушек состоят из сварных полуцилиндров с накладными планками, формующими пазовые и лобовые части катушек. Подвижные планки перемещают эксцентриковыми зажимами, ударяя молотком через фибровые прокладки.

Уравнительные соединения для петлевой обмотки якорей тяговых электродвигателей изготавливают из голой шинной меди или из изолированного провода чаще всего марок ПСД и ПСДК. Уравнители формуют на гибочных приспособлениях, которые представляют со-

бой макеты части сердечников якорей со стороны передней нажимной шайбы.

Формовка меди катушек разрезной обмотки. Перед формовкой проводники выправляют по плоскости, устраняя кривизну и волнистость. Первый изгиб полукатушек на ребро выполняют в специальном приспособлении по радиусам, установленным для ее задней и передней лобовых частей.

Для каждого типа катушек применяют два таких приспособления: для верхних и нижних полукатушек. Зажим и изгиб лобовых частей полушин в этих приспособлениях осуществляют пневматическими устройствами. При ремонте катушек двигателей НБ-411, ДПЭ-400 и ДПЭ-340 удлиняющие концы, как правило, наваривают со стороны коллектора, поэтому место транспозиции соответственно передвигается в сторону, противоположную коллектору. При формовке полукатушек на ребро следят за тем, чтобы продольный сдвиг транспозиции был не более 70 *мм* в пределах пазовой части. Правильность изгиба лобовых частей меди полукатушек на ребро проверяют шаблоном, которым определяют и длину заготовки. Особое внимание обращают на состояние меди, так как трещины, надрывы, а в местах изгиба и гофры недопустимы.

После лужения концов со стороны коллектора полушины катушек формуют плашмя на специальных приспособлениях — горбылях, придавая им окончательную форму. Последовательность операций изгиба проводников на горбыле следующая: устанавливают длину концов со стороны, противоположной коллектору, по ступенчатому сухарю; загибают углы перехода лобовых частей до определенной длины пазовой части; переворачивают полукатушки на 180° и укладывают по всей поверхности горбыля для отгиба обоих концов полукатушек как со стороны коллектора, так и с противоположной стороны. По окончании формовки концы катушек для припайки скобочек со стороны, противоположной коллектору, обрезают на пневматических ножницах-гребенках под размер, указанный в чертежах: для тяговых двигателей НБ-411 и ДПЭ-400 — 34 *мм*; для ДПЭ-340 — 30 *мм*; для 2AL4846eT — 28 *мм*.

Пайка скобочек. Соединяющие верхние и нижние разрезные полукатушки скобочки со стороны, противо-

положной коллектору, паяют. Это ответственная операция, так как ненадежный контакт может вызвать перегрев катушек, пережог изоляции и ее пробой. Скобочки к нижним полукатушкам припаивают меднофосфористым припоем на контактном сварочном трансформаторе. При пайке следят за тем, чтобы боковая грань совпадала с торцом шины, не допускают поджогов скобочек и шин. Наплывы припоя обрубают на специальном приспособлении, после чего тщательно зачищают острые углы и заусенцы.

Перед отправкой отформованных проводников на изолировку их тщательно осматривают, промывают в бензине и насухо протирают.

14. ИЗОЛИРОВКА, СУШКА И ОПРЕССОВКА КАТУШЕК ОБМОТОК ЯКОРЕЙ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Изоляция катушек якорных обмоток состоит из изоляции между витками и изоляции пакета проводников относительно корпуса машины. У некоторых тяговых двигателей, например НБ-406, НБ-412, витки обмотки якоря состоят из двух изолированных проводников, что, улучшая распределение тока по сечению проводников витка, уменьшает дополнительные потери и нагревание обмотки. Изоляционные ленты накладывают на проводники вручную или на специальном станке без просветов и морщин. Механические повреждения ленты и ее неплотное прилегание к проводникам недопустимы.

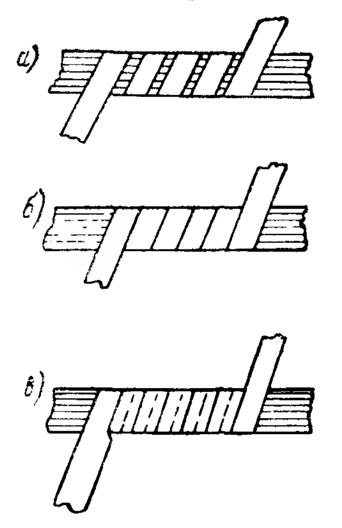


Рис. 29. Способы наложения ленточной изоляции:
а — вразбежку; б — встык; в — в полуперекрышу

Существуют три способа наложения изоляции: вразбежку, встык и в полуперекрышу (рис. 29). Для за-

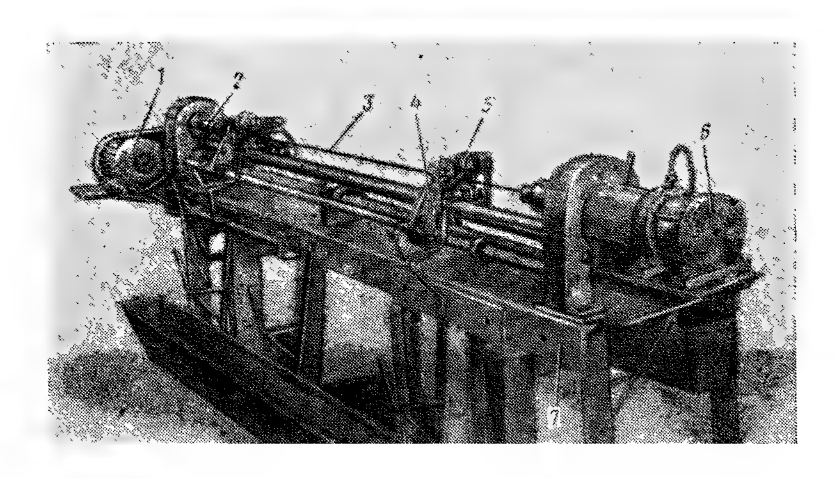


Рис. 30 Станок для наложения межвитковой изоляции на шины якорных катушек тяговых двигателей НБ-406 и НБ-412:
1 — электродвигатель, 2 — зажим, 3 — шина, 4 — каретка, 5 — направляющий ролик, 6 — пневматический цилиндр; 7 — станина

крепления катушек в процессе изолирования используют пневматические тиски с параллельным зажимом пластинчатых губок.

Наложение межвитковой изоляции. Изоляцию из микаленты накладывают на проводники катушек, формуемых из неизолированной шинной меди. В последнее время отечественные кабельные заводы начали выпускать обмоточные провода марок ПСД с изоляцией класса В и ПСДК с изоляцией класса Н, которые нашли применение для якорных катушек электромашин с кремнийорганической нагревостойкой изоляцией.

Применение проводов этих марок не требует наложения витковой изоляции.

Катушки из неизолированной меди, как правило, имеют в качестве межвитковой изоляции пазовых и лобовых частей микаленту ЛФЧ-Б толщиной 0,08 и ЛФ4-ББ 0,10 *мм*, а для изоляции головки и концов — шелкослюдяную или стеклослюдяную ленту.

Для наложения межвитковой изоляции катушек тяговых двигателей НБ-406 и НБ-412, состоящей из микаленты ЛФЧ-Б сечением 0,08×20 *мм,* используют станок (рис. 30). Медь предварительно разрезают на медерезальном станке; длина заготовок указана в табл. 3. Проводник закрепляют в зажимах станка и создают на-

тяг при помощи пневматического цилиндра. Начало изолировки от обоих концов шины должно отстоять не менее чем на 130 *мм*, а средняя неизолированная часть составлять не более 430 *мм*. В процессе изолирования следят за правильным наложением микаленты в полуперекрышу.

Описанная технология относится к наложению изоляции на пазовую и частично лобовую части проводников катушек до изгиба головки и формовки на горбыле. После выполнения указанных операций передние лобовые части каждого проводника катушки изолируют тремя оборотами шелкослюдяной микаленты 0,13×10 *мм* на длине 10—12 *мм* от угла изгиба. Затем на лобовые части со стороны коллектора накладывают изоляцию из микаленты ЛФЧ-ББ 0,13×20 *мм* в полуперекрышу ступенями во избежание утолщения. Задние лобовые части, включая головку, изолируют одним слоем микаленты ЛФЧ-ББ 0,13×20 *мм* в полуперекрышу. Изоляция лобовых частей должна перекрывать в местах стыка основную витковую изоляцию не менее чем на 20 *мм*. Для усиления изоляции головок дополнительно накладывают шелкослюдяную ленту 0,13×10 *мм* в один слой в полуперекрышу (без захода на лобовые части).

В целях создания монолитности изоляцию проводников промазывают в пазовой части клеем БФ-2, а лобовые части — лаком БТ-95 вязкостью 18—20 *сек* по ВЗ-4. Затем в углы перехода пазовых частей в лобовые устанавливают прокладки из слюды-шаблонки размером 0,03×9×30 *мм* для НБ-406 и 0,03×8×30 *мм* для НБ-412. После этого углы катушек перевязывают и дополнительно изолируют их лобовые части стеклолентой одним слоем в полуперекрышу: 0,1×25 *мм* для НБ-406 и 0,1×20 *мм* для НБ-412 — с перекрытием пазовых частей на 25 *мм* для катушек НБ-406 и на 20 *мм* для катушек НБ-412; при этом задние лобовые части изолируют полностью, включая головки, а передние — только до прокладок.

Между слоями ставят прокладки из гибкого миканита ГФС-2 для катушек НБ-406 размером 0,5×10,5×210 *мм* — 4 шт., а для катушек НБ-412 — размером 0,3×9×140 *мм* — 2 шт. и 0,3×9×180 *мм* — 2 шт. Между концами устанавливают прокладки из слюды-шаблонки 0,1×18×50 *мм* для НБ-406 и 0,1×16×50 *мм* для НБ-412.

Для усиления изоляций головок этих катушек ставят фасонные прокладки из электронита.

Шины проводников катушек якорей тяговых двигателей ДК-106 (УРТ-110) и ДК-103 после формовки осматривают и, убедившись в отсутствии дефектов (заусенцев, задиров и др.), накладывают межвитковую изоляцию. Каждую шину изолируют по всей длине микалентой ЛФЧ-ББ 0,10×20 *мм* одним слоем в полуперекрышу. Для изолирования ножек и головок применяют стеклоэскапоновую лакоткань ЛСЭ-0,15, с успехом заменяющую дорогостоящую шелкослюдяную микаленту. Эскапоновую лакоткань нарезают под углом 45° к продольной нити полотна на узкие полосы шириной 20 *мм*. В ножки под стеклоэскапоновую изоляцию устанавливают прокладки из слюды-шаблонки. На головках и ножках катушек лакоткань располагают ступенькой по лобовым частям. Во избежание складок и морщин лакоткань накладывают с небольшим натягом. Затем изолированные шины собирают в пакеты (по 7 шт.), в углы закладывают слюдяные прокладки 0,04×12,5×30 *мм* для ДК-103 и 0,04×14×50 *мм* для ДК-106 и обильно промазывают лаком БТ-95 вязкостью 18×20 *сек* по ВЗ-4.

Катушки обмотки якоря ТАО-649 изготавливают из изолированного провода ПСДК 1,56×5,5 *мм*^{2}. После формовки проводники тщательно осматривают и места поврежденной изоляции провода изолируют стеклолентой, пропитанной в кремнийорганическом лаке К-47. Затем головки и ножки трех параллельных проводников, укладываемых в петушок одной коллекторной пластины, промазывают клеящим лаком К-58, в который для повышения изоляционных свойств добавляют эпоксидную смолу ЭД-6 до вязкости 30 *сек* по ВЗ-4.

Головки катушек изолируют стекломикалентой ЛФК-Т 0,13×20 *мм* одним слоем в полуперекрышу с заходом на лобовые части по 13 *мм*, а ножки изолируют с заходом на лобовые части по 26 *мм*. В ножки под стекломикаленту кладут прокладки из слюды-шаблонки 0,06×17×45 *мм*. Затем шины обильно промазывают клеящим кремнийорганическим лаком К-58 (или лаком ЭФ-5Т с добавлением 3% сиккатива 64Б). Перевязывают и обжимают катушку по всему периметру в пневматических тисках с текстолитовыми губками, обращая внимаие на сохранность изоляции, особенно в углах.

После этого катушку обматывают по всей длине временным бандажом из киперной ленты одним слоем встык и отправляют в сушку.

Межвитковую изоляцию катушек якорей тяговых двигателей сушат в электрических печах с циркуляцией воздуха при температуре 120—130°С (табл. 4). После окончания сушки катушки опрессовывают для получения необходимых размеров и придания монолитности изоляции в пазовых частях.

Межвитковую изоляцию катушек двигателей НБ-406 и НБ-412 опрессовывают в специальных пресс-формах по всему контуру (рис. 31). Гидравлическую

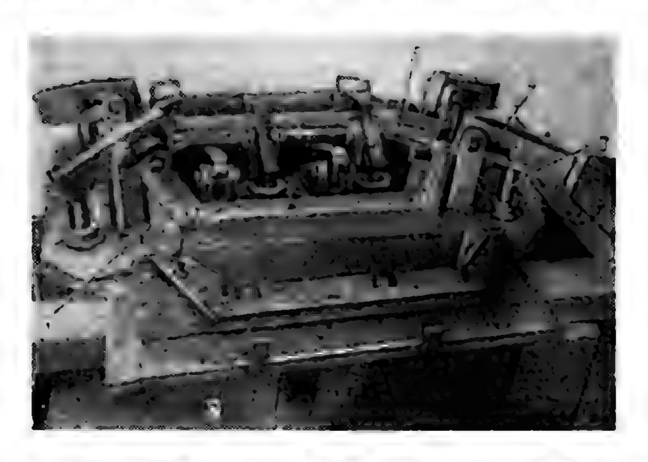


Рис. 31. Гидравлическое приспособление для опрессовки по всему контуру катушек тягового двигателя НБ-412М:

1 — основание прессформы; 2 — съемные пресс-планки; 3 — шток; 4 — зажимы; 5 — катушка

систему прессформ питают от насоса ГБ-351 производительностью 30 *л/мин* при рабочем давлении 200 *кГ/см*². Опрессовкой по всему контуру получают правильную форму катушки.

Катушки обмоток якорей двигателей ДК-103 и ДК-106 после 7 *ч* сушки межвитковой изоляции прессуют на многоярусных прессах (рис. 32). В пресс одновременно закладывают 8—10 катушек, которые помещают между разъемными обоймами — прессформами. Диагональное расположение разъема прессформ позво-

Таблица 4

Тип машины	Время сушки в ч			Примечания
	изоляции шин	корпусной изоляции		
		I	II	
НБ-412, НБ-406	2	24	6	I — под вакуумом 350—400 *мм рт. ст.* II — без вакуума с обменом воздуха
НБ-411, ДПЭ-400	8	24	6	
ТАО-649	8*	14	8*	* При температуре 180 ± 5°C
ЭДТ-200	7	—	8	
ДК-304	5	—	7	

ляет прессовать одновременно все четыре стороны пазовых частей верхней и нижней половин катушек. После прессовки катушки оставляют в прессформах до охлаж-



Рис. 32. Многоярусный пресс для опрессовки изоляции катушек:
1 — пневматические цилиндры; 2 — стойка; 3 — прессформы; 4 — катушки; 5 — упоры

дения. Водяные рубашки, предусмотренные в стойках пресса, обеспечивают охлаждение катушек за 8—12 *мин*. После охлаждения катушки вынимают из прессформ и проверяют размеры пазовых частей по ширине

и высоте специальным шаблоном. Затем снимают временный бандаж и наружным осмотром проверяют состояние изоляции.

Наложение корпусной изоляции. До последнего времени корпусиую изоляцию катушек обмоток якорей тяговых двигателей выполняли главным образом из микаленты ЛФЧ-ББ толщиной 0,1—0,13 *мм*. Электрические свойства такой изоляции зависят от числа слоев, плотности наложения витков ленты, режимов сушки и т. д.

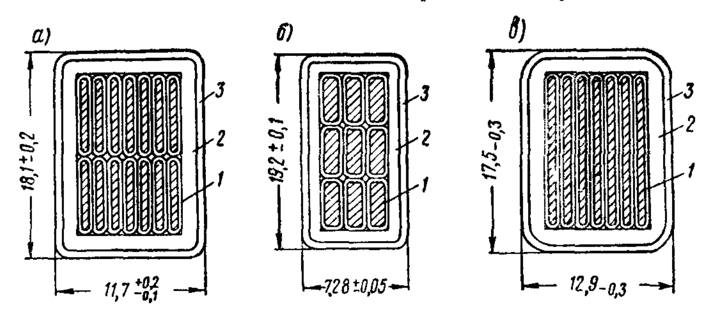


Рис. 33. Изоляция пазовой части катушек обмоток якорей тяговых двигателей:

а — НБ-412М; б — ТАО 649; в — ДК-106Б-4; 1 — межвитковая изоляция из микаленты (для НБ-412М ЛФЧ-Б толщиной 0,08 мм, для ДК-106Б-4 ЛФЧ-ББ толщиной 0,10 мм); 2 — корпусная изоляция (для НБ-412М из микаленты ЛФЧ-ББ толщиной 0,10 мм, 5 слоев в полуперекрышу, для ТАО 649 из стекломикаленты ЛФК-Т толщиной 0,13 мм, 3 слоя в полуперекрышу; для ДК-106Б 4 из липкой стеклоэскапоновой ленты ЛСЭЛ толщиной 0,17 мм, 4 слоя в полуперекрышу), 3 — покровная изоляция из стеклоленты для НБ-412М и ДК-106Б-4 толщиной 0,15 мм; для ТАО-649 толщиной 0,10 мм встык)

Число слоев корпусной изоляции катушек (рис. 33) в пазовой части зависит от номинального напряжения двигателя. При выборе толщины корпусной изоляции из микаленты, как правило, исходят из 2,5—3-кратного запаса электрической прочности готовой катушки относительио испытательиого напряжения машины на стеиде. Корпусная изоляция катушек якорей тяговых двигателей с номинальиым напряжением 3000 *в* состоит из пяти — семи слоев микаленты толщиной 0,13 *мм* или семи-восьми слоев микаленты толщиной 0,1 *мм* в полуперекрышу, а для двигателей с номинальным напряжением 1500 *в* — из трех-четырех слоев микаленты толщиной 0,13 *мм*.

Перед иаложением корпусной изоляции с якорных катушек двигателей НБ-406 и НБ-412 сразу же после

сушки и опрессовки снимают временный киперный бандаж и тщательно проверяют состояние изоляции, обращая особое внимание на возможные смещения проводников и повреждения межвитковой изоляции. После этого накладывают корпусную изоляцию на пазовые части микалентой ЛФЧ-ББ 0,1×20 *мм* в полуперекрышу 8 слоев для двигателей НБ-406 и 5 слоев для НБ-412. Слои микаленты укладывают с заходом на лобовые части ступенями в такой последовательности:

Для катушек НБ 406	Для катушек НБ 412
2 слоя с заходом на 55 *мм*	1 слой с заходом на 70 *мм*
2 » » » 50 »	2 слоя » » 50 »
2 » » » 20 »	2 » » » 20 »
2 слоя до угла без захода на лобовые части	

Слои корпусной изоляции тщательно утягивают и приглаживают. Каждый последующий слой микаленты наматывают в направлении, противоположном направлению намотки предыдущего слоя. После наложения временного бандажа из одного слоя киперной ленты встык катушки отправляют в сушку.

Монолитность и эластичность корпусной изоляции катушек во многом зависят от применяемого клеящего лака и технологии сушки. Для лучшего спекания слоев корпусной изоляции при изолировании пазовой части катушек каждый слой микаленты промазывают клеящим лаком БТ-95 вязкостью 18—20 *сек*.

В начальной стадии отвердевания клеящего лака БТ-95 в микаленте необходимо максимально удалить летучие вещества, количество которых составляет 50—60% веса лака. После того как основное количество растворителя испарится, для отвердевания лака необходим кислород, поэтому в первой стадии изоляцию сушат в печах с вакуумом, а во второй — с обменом воздуха.

Корпусную изоляцию катушек якорей двигателей НБ-406 и НБ-412 сушат в вакуумной сушильной печи при температуре 120—130°С в течение 24 *ч* под вакуумом 350—400 *мм рт. ст.*, а затем в течение 6 *ч* с циркуляцией воздуха (см. табл. 4).

Электрическая вакуумная сушильная печь представляет собой герметическую камеру с нагревательными элементами, расположенными на боковых стенках и у ее дна. Печь получает питание от электросети трехфазного тока 220/380 *в*; она включается и выключается автоматически. Мощность печи 18 *квт*, полезный объем $0{,}8 \times 1 \times 1$ *м*³. Вакуум в рабочей камере (до 400 *мм рт. ст.*) создает масляный вакуумный насос. Большое значение для нормального процесса сушки имеет также расположение изделий в печи. Укладка большого количества слоев катушек значительно затрудняет сушку изоляции катушек, находящихся в центре, и повышает перегрев лежащих с краю.

Для улучшения качества изоляции и повышения ее эксплуатационной надежности на заводе РЭЗ проведены работы по применению в качестве корпусной изоляции якорных и полюсных катушек тяговых двигателей электропоездов липкой стеклоэскапоновой ленты ЛСЭЛ вместо микаленты. Липкая стеклоэскапоновая изоляция не имеет недостатков, присущих микаленте, обладает высокой механической прочностью и хорошими диэлектрическими свойствами, обеспечивает плотную изолировку катушек сложной конфигурации. Ее внедрение на ремонтных заводах позволило значительно упростить технологию наложения изоляции, высвободить прессовое оборудование и механизировать основные изолировочные операции.

При изготовлении и ремонте якорных катушек двигателей ДК-106 и ДК-103 для наложения корпусной изоляции из липкой стеклоэскапоновой ленты ЛСЭЛ используют высокопроизводительные полуавтоматические станки (рис. 34). После снятия временного киперного бандажа катушку осматривают, а затем закрепляют пневмозажимами на стойках станка. Эскапоновую изоляцию наносят в четыре слоя за два прохода обмоточного устройства станка. Все четыре слоя липкой стеклоэскапоновой ленты ЛСЭЛ $0{,}17 \times 20$ *мм* накладывают в одном направлении: два слоя с выходом на пазовые части на 70 *мм* и два слоя — на 50 *мм*.

Для предохранения от разматывания ленты используют пружинные зажимы. Изолируя катушки на станках, следят за соблюдением перекрыши, особенно в углах перехода пазовых частей в лобовые. Стыки изоля-

ции на пазовой части катушки, складки и морщины недопустимы. Затем катушку по всей длине покрывают временным бандажом из киперной ленты 0,4×30 *мм* в полуперекрышу, нанося слои в направлении основной изоляции. Для запечки слоев стеклоэскапоновой ленты

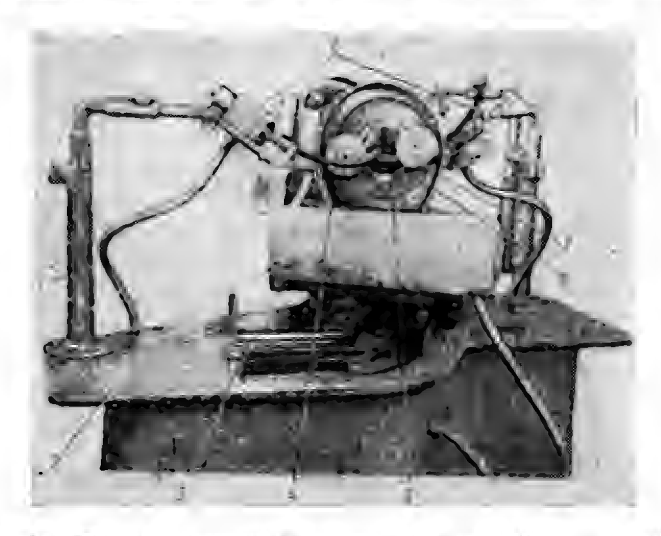


Рис. 34. Полуавтоматический станок для наложения корпусной изоляции на катушки тяговых двигателей ДК-106:

1 — стойка; 2 — стол; 3 — копир; 4 — катушка; 5 — опорный ролик; 6 — обмоточное устройство; 7 — кассеты обмоточного устройства; 8 — пневматические зажимы

вначале выдерживают катушки на воздухе в течение 18—24 ч, после чего загружают в печь с циркуляцией воздуха при температуре в печи не выше 60°С. Изоляция приобретает монолитность после сушки при температуре 160±5°С в течение 8 ч. Затем печь отключают, дают остыть до 50—60°С и выгружают катушки.

В качестве корпусной изоляции якорных катушек двигателей НБ-406 и НБ-412 на заводах НЭВЗ и МЭМРЗ применяют комбинированную изоляцию, состоящую из чередования слоев микаленты и липкой стеклоэскапоновой ленты. После сушки и опрессовки по контуру межвитковой изоляции на пазовые части катушек накладывают один слой микаленты ЛФЧ-ББ

0,13×20 *мм* в полуперекрышу с выходом на лобовые части на 30 *мм*. Поверх микаленты для изоляции катушек от корпуса используют простынки стеклоэскапоновой лакоткани с нанесенным слоем клеящего компаунда, накладывая их с укаткой на пазовые части (4 оборота для катушек двигателей НБ-406 и 3¼ оборота — для НБ-412).

Угол перехода с пазовой части в лобовую изолируют с постепенным уменьшением числа слоев в три ступени, длины которых составляют для катушек двигателей НБ-406 40, 50 и 55 *мм*, а НБ-412 — 40 и 50 *мм*. Поверх эскапоновой изоляции накладывают микаленту ЛФЧ-ББ 0,13×20 *мм* (два слоя для НБ-406 и один — для НБ-412) с выходом на лобовые части на 60 *мм*, после чего по всей длине изолируют катушки временным бандажом из киперной ленты 0,4×30 *мм*. Сушат и запекают комбинированную изоляцию якорных катушек этих двигателей в печи с циркуляцией воздуха при 160°С в течение 16—24 *ч*.

При наложении корпусной изоляции катушек обмотки якоря ТАО-649 применяют стекломикаленту марки ЛФК-Т толщиной 0,1—0,13 *мм*, которую накладывают на пазовую часть тремя слоями в полуперекрышу с выходом на лобовые части ступенями: первый слой — на 75, второй — на 18—20 и третий — на 6—8 *мм*. При изолировании передней лобовой части катушек двигателей ТАО-649 отступают от угла ножки со стороны коллектора на 10 *мм*.

Головки катушек изолируют тремя слоями стекломикаленты ЛФК-Т 0,13×20 *мм* ступенями с заходом на лобовые части: первый слой — на 85, второй — на 48 и третий — на 35 *мм*. Каждый слой стекломикаленты при наложении корпусной изоляции для повышения монолитности промазывают клеящим кремнийорганическим лаком К-58 или ЭФ-5Т. После наложения временного бандажа из киперной ленты катушки сушат в вакуумной печи при 120°С и вакууме 350—400 *мм рт. ст.* в течение 14 *ч*, а затем без вакуума с циркуляцией воздуха при 180°С в течение 8 *ч*.

Наложение покровной изоляции. После изолирования и сушки корпусной изоляции по всей длине катушки накладывают покровный слой изоляционной ленты встык. Раньше для якорных катушек тяговых двигате-

лей в качестве покровной изоляции применяли асбестовую и тафтяную ленты. В настоящее время широко используют стеклянную ленту, пропитанную в лаке № 447 или К-47, разведенном до вязкости 11—13 *сек* по ВЗ-4. Стеклянная бесщелочная гарнитурного переплетения лента обладает хорошими изоляционными свойствами и более высокой теплопроводностью по сравнению с асбестовой и тафтяной лентами. Перед наложением покровной изоляции ставят прокладку из электронита толщиной 0,3 *мм* на заднюю верхнюю лобовую часть с внутренней стороны для катушек двигателей НБ-406 и три прокладки для НБ-412 (в передней верхней лобовой части с наружной и внутренней стороны и в задней лобовой части верхней полукатушки с внутренней стороны).

Стеклоленту 0,1×20 или 0,1×25 *мм*, пропитанную в лаке № 447, укладывают в покровную изоляцию катушки двигателей НБ-406 и НБ-412 на лобовые части одним слоем в полуперекрышу, а на пазовые — встык. При изолировании катушек двигателей ТАО-649 стеклоленту, предварительно пропитанную в лаке К-47, по всему контуру накладывают в полуперекрышу. Катушки якорей тяговых двигателей после наложения покровной изоляции из стеклоленты не опрессовывают.

Для предохранения рук от раздражения кожи при изолировании катушек работницы применяют «биологические перчатки», а по окончании работы промывают руки специальным составом. «Биологические перчатки» — это тонкая гибкая пленка, образующаяся на коже рук при высыхании нанесенного на нее специального состава и защищающая кожу от действия раздражающих веществ. Рекомендуемый состав для «биологических перчаток» козеин — 0,15 *кг*; вода дистиллированная — 0,35 *л*; аммиак — 0,01 *л*; глицерин — 0,15 *л*; спирт этиловый — 0,4 *л*. Состав для мытья рук после работы: машинное масло 0,33 *кг*, керосин 0,34 *кг* и спирт этиловый 0,33 *кг*.

15. МЕХАНИЗАЦИЯ НАЛОЖЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ НА КАТУШКИ ЯКОРЕЙ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Обмоточно-изоляционные работы при изготовлении и ремонте катушек на большинстве заводов, занятых ремонтом и изготовлением тяговых электрических ма-

шин, составляют по трудоемкости до 30% всего объема работ. Межвитковую и корпусную изоляцию на катушки до последнего времени накладывали вручную. Эти трудоемкие ручные операции в настоящее время частично механизированы; их выполняют на специальных изолировочных станках.

Станки для наложения межвитковой изоляции. На проводники катушек двигателей НБ-406 и НБ-412 межвитковую изоляцию накладывают на станке (см. рис. 30). При помощи рукоятки располагают прорезь зажима *2* в верхнем положении, после чего вставляют и закрепляют шину *3* в зажимах. Натяг шины создают при помощи пневматического цилиндра *6*. Отведя каретки *4* к концам шины *3* до упоров так, чтобы начало наложения изоляции отстояло от обоих концов не менее чем на 130 *мм*, заправляют полоски микаленты ЛФЧ-Б 0,08×20 *мм* в направляющие ролики *5*. Полоски микаленты заправляют слюдой внутрь и закрепляют на шине вполоборота. После включения станка начинают изолировку, прижимая полоски микаленты левой рукой к шине, а правой — удерживая микаленту в направляющих роликах. При этом следят за правильностью наложения изоляции в полуперекрышу без надрывов и просветов.

По окончании изолировки станок выключается автоматически. Конец изоляции приклеивают декстрином, а затем, отпустив болты зажимов *2*, вынимают шину и укладывают ее в специальный короб для транспортировки на формовочный участок.

Станки для наложения корпусной изоляции. Высокопроизводительные полуавтоматические станки для наложения корпусной изоляции на основе липкой стеклоэскапоновой ленты на якорные катушки ДК-106 впервые были созданы на заводе РЭЗ (см. рис. 34). Для механизированного наложения изоляции в станке использовано копирование формы катушки для направления движения обмоточного устройства. Копир *3* имеет форму катушки и состоит из отдельных реек, укрепленных на столе *2* станка. На стойках *1* смонтированы пневматические зажимы *8*, предназначенные для закрепления концов катушки и ее головки. В нижней части станины станка установлен электродвигатель, передающий через тексропную ременную передачу дви-

жение механизму коробки скоростей и через систему зубчатых передач обмоточному устройству *6*. Для предотвращения вибрации катушки при изолировании лентой в центре корпуса обмоточного устройства расположен опорный ролик *5* (см. рис. 34), постоянно поддерживающий катушку в необходимом положении.

Большое преимущество этого станка — одновременное изолирование двумя лентами катушек, расположенных под небольшим наклоном в круглых кассетах *7*, укрепленных на боковой плоскости обмоточного устройства. Такое расположение катушек исключает перекос катушки при работе станка и обеспечивает плотное наложение эскапоновой ленты, что соответствует главным требованиям к изоляции якорных катушек. На концах копира для ограничения возвратно-поступательного движения обмоточного устройства установлены два концевых выключателя. Станок включают и выключают магнитным пускателем.

На заводе МЭМРЗ изготовлены и работают четыре описанных выше полуавтоматических станка для наложения корпусной изоляции на якорные катушки ДК-106 и ДК-103 липкой стеклоэскапоновой лентой. Производительность каждого из них до 100—120 катушек в смену при высоком качестве изоляции.

16. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАТУШЕК ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Катушки обмоток якорей вспомогательных машин при заводском ремонте изготавливают из обмоточных проводов круглого и прямоугольного сечения с хлопчатобумажной (ПБД, ПБО) и эмалево-шелковой изоляцией (ПЭЛШД, ПЭЛШО). В последнее время для этих целей используют провода с капроновой (ПЭЛКО, ПЭЛКД) и лавсановой изоляцией (ПЭЛО, ПЛД).

Намотка и растяжка катушек. Основная операция технологического процесса изготовления многовитковых катушек вспомогательных машин — намотка их на шаблоны. Ее выполняют на специальных намоточных станках типов ТТ-24 и ТТ-20. Обмоточные провода, поступающие с кабельных заводов, иногда имеют спутанные витки и поврежденную изоляцию. Поэтому для по-

вышения производительности труда и качества намотки катушек на большинстве ремонтных и электромашиностроительных заводов их предварительно перематывают на деревянные барабаны меньшего диаметра и веса, используя для этого упрощенные намоточные станки легкого типа, оборудованные размоточными устройствами.

Катушки якорей вспомогательных машин из обмоточного провода как круглого, так и прямоугольного сече-

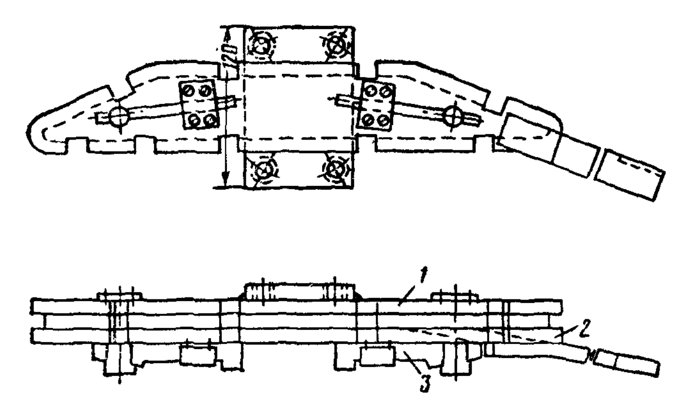


Рис. 35. Шаблон-лодочка для намотки катушек якорей вспомогательных машин:

1 — основание, 2 — съемная щека; 3 — зажим

ния наматывают сразу несколькими проводниками с нескольких барабанов. Шаблон для намотки катушек вспомогательных машин имеет форму лодочки (рис. 35) и состоит из сердечника и двух щек. Вследствие разной длины сторон катушки, соответствующих нижнему и верхнему слоям обмотки, рабочие грани шаблона имеют форму равнобедренной трапеции. К задней щеке шаблона для крепления его к планшайбе намоточного станка приварена планка с резьбовыми отверстиями, к которой крепят изогнутый под углом поводок с овальной прорезью, служащей для зажима провода в начале намотки. Для натяжения провода при намотке катушек служит специальное натяжное приспособление, состоящее из нескольких роликов с эластичными пружинными планками.

Перед намоткой проволочных катушек по всему периметру шаблона укладывают прокладку из электрокартона толщиной 0,3 *мм* и шириной, соответствующей ширине наматываемой катушки. Для усиления витковой изоляции в пазовой и лобовой частях катушек в процессе намотки ставят дополнительные прокладки из картона или кабельной бумаги толщиной 0,1 *мм*. При этом прокладки по длине располагают с нахлестом не более 5—7 *мм*. В процессе намотки нельзя допускать перекрещивания проводников как в пределах одного слоя; так и между слоями. Для предупреждения перекрещивания проводников в слое при намотке применяют передвижную плашку с направляющими ручьями, изготовленную из двух планок листового текстолита толщиной 8—10 *мм*.

Для получения плотной катушки якоря без распушений по окончании намотки каждого слоя его подбивают молотком через специальную фибровую или текстолитовую подбойку. В случае обнаружения проводников с повреждением оплетки или эмалевой изоляции можно обертывать это место простынкой из шелка эксцельсиора только в тех случаях, когда изоляция повреждена на длине не более 20—25 *мм*. При обрыве провода в процессе намотки восстановление его пайкой недопустимо.

Однако уже имеющуюся пайку завода-поставщика можно допустить, если в ней нет значительных утолщений и если она не попадает в головки катушки.

По окончании намотки по периметру катушки укладывают прокладку из электрокартона толщиной 0,3 *мм* и связывают катушки полотняной лентой в местах вырезов в шаблоне. Концы провода обрезают на расстоянии от головки многовитковой катушки, указанном в чертеже. Намотанную катушку по всему периметру стягивают временным бандажом из тафтяной ленты толщиной 0,2 *мм* и передают на растяжку для придания нужной формы.

Для растяжки якорных катушек вспомогательных машин применяют специальный пневматический растяжной станок (рис. 36) с пневмопроводом. Пазовые кулачки *3* состоят из двух шарнирно соединенных Г-образных планок (по длине пазовой части), запираемых штоками пневматических цилиндров *2*. Головные кулачки *5*

выполнены разъемными из двух половин с зажимами головок также пневматическими цилиндрами 4.

В процессе растяжки головные кулачки поворачиваются на заданный угол наклона растяжки головки катушки.

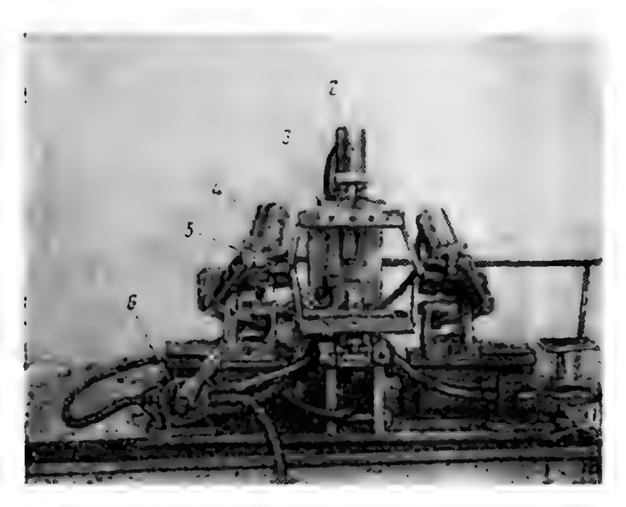


Рис. 36. Пневматический станок для растяжки якорных катушек вспомогательных машин:

1 — основание; 2, 4 — пневматические цилиндры; 3 — пазовые кулачки; 5 — головные кулачки; 6 — кран управления

Пропитка, сушка и лужение концов катушки. После намотки и растяжки катушки вспомогательных машин для повышения электрической прочности витковой изоляции и придания монолитности сушат и пропитывают. Катушки сушат в электрических печах с циркуляцией воздуха при температуре 100—120°С в течение 3—4 *ч*. Затем горячие катушки погружают для пропитки в бак с битумно-масляным лаком № 447, в который для повышения клеящей способности добавляют до 25% битума марки Г или компаунда 225Д. Вязкость такой смеси должна быть для катушек из проводов ПБОО и ПСД 13—14 *сек*, для катушек из проводов ПБД и ПЭЛШКД — 25—30 *сек* по ВЗ-4.

Установка для пропитки состоит из двух баков, а также из устройства для их подвески и подъема. Ка-

тушки выдерживают в нагретой до 50—60°С смеси обычно до прекращения выделения пузырьков, но не менее 5—8 *мин*. После пропитки катушки вынимают из бака, дают стечь излишкам лака в течение 30 *мин* и сушат в печи при температуре 100—120°С в течение 8 *ч*. Затем еще раз повторяют пропитку с последующей сушкой. После пропитки и сушки выводные концы катушек зачищают от оплетки, эмали и загрязнений лаком на станках с вращающимися металлическими щетками. Концы катушек лудят в электрических ванночках припоем ПОС-30.

Опрессовка и изолирование катушек. Опрессовывают только пазовые части многовитковых катушек, поэтому предварительно с пазовой части снимают временный бандаж, осматривают целостность изоляции каждого проводника и промазывают витки клеящим лаком, в качестве которого обычно применяют глифталевый (ГФ-95) или шеллачный лак. После промазки лаком пакет проводников вновь бандажируют одним слоем тафтяной ленты в полуперекрышу.

Перед прессовкой пазовую часть каждой катушки прогревают в течение 8—10 *мин* при 110—120°С в электронагревателе. Вынув из нагревателя, катушки закладывают в прессформу и опрессовывают под прессом, имеющим водяное охлаждение верхней и нижней плит.

Перед наложением постоянной корпусной изоляции снимают с пазовой части катушки временный бандаж и проверяют ее монолитность и состояние проводников. Если катушка не монолитна, имеет расслаивание или перекрещивание проводников, то ее переделывают с повторной промазкой клеящим лаком и опрессовкой.

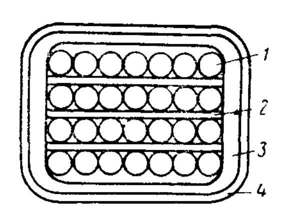


Рис. 37. Изоляция пазовой части катушек динамотора ДК-604Б:

1 — провод ПЭЛШКДd-0,86 мм; 2 — межслойная изоляция (прокладка из электрокартона ЭВ толщиной 0,1 мм); 3 — корпусная изоляция (простынка из стекло эскапоновой лакоткани ЛСЭ толщиной 0,15 мм, 6 слоев); 4 — покровная изоляция из тафтяной ленты толщиной 0,2 мм

Пазовую часть катушки (рис. 37) изолируют лакотканями: хлопчатобумажной ЛХС, шелковой ЛШС или капроновой ЛКС. Высокая механическая и диэлектрическая прочность наряду с техноло-

гичностью позволила вместо указанных материалов применить стеклоэскапоновую лакоткань ЛСЭ, сравнительные характеристики которой приведены в приложении 3.

Стеклоэскапоновая лакоткань ЛСЭ отличается повышенной эластичностью, допускает перегибы без значительного снижения пробивного напряжения, а поэтому улучшает качество изоляции, повышает надежность и срок работы машин. Число слоев корпусной изоляции из лакоткани ЛСЭ для якорных катушек вспомогательных машин выбирают по их номинальному напряжению: 5 слоев при напряжении 3000 *в* и 4 слоя при напряжении 1500 *в*.

Предварительно корпусную изоляцию в виде простынки со скошенными углами промазывают клеящим лаком. Затем простынку располагают в пределах пазовой части симметрично относительно углов, плотно укатывают, начиная с ее широкой стороны. Для предупреждения расклеивания изоляционной гильзы накладывают временный бандаж из тафтяной ленты встык.

Выводные концы катушек изолируют чулочками диаметром 1—2 *мм* из хлопчатобумажной или шелковой пряжи. Лобовые части катушки изолируют одним слоем ленты из шелковой лакоткани шириной 20 *мм*, нарезанной наискось. Ленту наматывают в полуперекрышу с перекрытием пазовой части на 5—8 *мм*. Углы передней лобовой части в месте ответвления выводных концов изолируют лакотканью в 3—4 оборота до получения плавного перехода от пазовой гильзы к лобовой части катушки. Обе головки катушки обычно дополнительно изолируют шелковой лакотканью ЛШС толщиной 0,1 *мм* одним слоем в полуперекрышу на расстоянии 35—40 *мм* от вершины. При изоляции углов и головок слои лакоткани промазывают клеящим лаком.

На верхнюю грань пазовой части верхней полукатушки накладывают пропитанную в льняном масле прокладку из электрокартона толщиной 0,3 *мм* и временно привязывают ее по концам тафтяной лентой, после чего накладывают покровную изоляцию, состоящую из одного слоя пропитанной в лаке № 447 тафтяной ленты, накладываемой в лобовых частях в полуперекрышу, а в пазовых — встык. При этом лента должна быть равномерно натянута по всей длине катушки.

17. КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЯКОРНЫХ КАТУШЕК В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА

Контроль качества катушек. В процессе ремонта и изготовления катушек якорей тяговых двигателей и вспомогательных машин проводят пооперационный контроль качества, который состоит из внешнего осмотра, замеров и электрических испытаний. Пазовая часть катушек должна иметь размеры, указанные в табл. 5.

Таблица 5

Тип тягового двигателя	Размеры пазовой части катушек в *мм*			
	по ширине			по высоте
	после первой опрессовки	после второй опрессовки	готовой катушки	готовой катушки
НБ-412М	10,1	11,5	$11,7^{+0,2}_{-0,1}$	$18,1\pm0,2$
НБ-406Б	10,6	13,3*	$13,5\pm0,1$	$21,6\pm0,1$
ДПЭ-400А	11,8	14,05	$14,25^{+0,2}$	$26,7^{+0,2}$
ДК-103Г	10,1	12,55*	$12,76_{-0,3}$	$16,6^{+0,2}$
ДК-106Б	10,6	12,7*	$12,9_{-0,3}$	$17,5_{-0,3}$
ТАО-649	6,41	—	$7,28\pm0,05$	$19,22\pm0,1$

* *При использовании для корпусной изоляции эскапоновой ленты* ЛСЭЛ вторую опрессовку не выполняют.

При внешнем осмотре катушек якорей обращают внимание на соответствие чертежу их форм и размеров. Признаки браковки катушек следующие: слабо подтянутая и плохо опрессованная изоляция, задиры и острые углы в изоляции пазовых и лобовых частей, неплотное наложение покровной ленты. Важное значение имеет качество полуды и правильность изоляции выводных концов.

Готовые катушки подвергают электрическим испытаниям для проверки надежности межвитковой и корпусной изоляции. До настоящего времени катушки обмоток якорей тяговых электрических машин на отсутствие межвиткового замыкания и пробой корпусной изоляции, как правило, испытывали на различных устройствах. При испытании витковой изоляции прикладывали напряжение щупом между каждой парой витков.

Корпусную изоляцию испытывали в обоймах, которые вставляли в специальные гнезда, укрепленные на столе стенда. Такие устройства малопроизводительны и не отвечают современным требованиям техники электробезопасности.

Стенды для испытания катушек. На заводе МЭМРЗ изготовили новую установку, предназначенную для испытаний на электрическую прочность межвитковой и

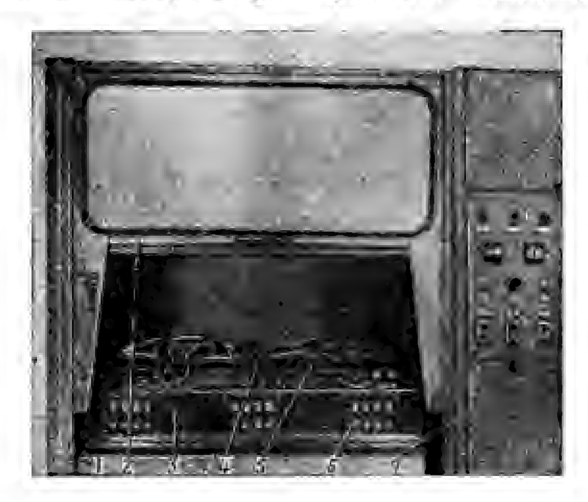


Рис. 38. Установка для испытания изоляции якорных катушек тяговых двигателей

корпусной изоляции катушек электрических машин в условиях массового производства. Установка позволяет испытывать одновременно 12 катушек при испытательном напряжении корпусной изоляции до 16 *кв* и межвитковой изоляции до 2 *кв*. Она состоит (рис. 38) из пульта управления 7 и высоковольтного пульта 3 с ограждением. Пульт управления размещен в металлическом каркасе 1, расположенном на передней стенке общего ограждения с дверью 2. На лицевой панели пульта управления установлены измерительные приборы, аппаратура управления и блинкерные реле 6, сигнализирующие о пробое изоляции.

Испытываемые катушки с надетыми на их пазовую часть электродами размещают на металлической плите 4,

укрепленной на текстолитовой панели верхней крышки каркаса высоковольтного пульта. Для подсоединения витков катушек к источнику испытательного напряжения служит группа контактных гребенок-фишек *5*, состоящих из ряда изолированных друг от друга металлических пластин.

Принципиальная схема стенда приведена на рис. 39. Напряжение для испытания корпусной изоляции подают от трансформатора *Тр1*, а для испытания межвитковой — от *Тр2*. Порядок испытания катушек на установке следующий: проверяют изоляцию в течение 1 *мин* сначала корпусную, а затем межвитковую. Для этого на пазовые части катушки надевают электроды в виде упругих планок с разрезными стенками и укладывают якорную катушку на металлическую плиту *МП*.

На выводы витков надевают фишки *Ф* и подключают их к розеткам. Опустив раму ограждения высоковольтного пульта, замыкают цепь видимого разрыва *ШР*; при этом загорается сигнальная лампа $ЛС_1$, сигнализирующая о подаче напряжения на установку.

После включения тумблера $ПП_1$ (испытание корпусной изоляции) нажимают кнопку $КП_2$, при этом загорится лампа $ЛС_2$, сигнализирующая о подаче напряжения на контактор $К_2$. Затем нажимают кнопку $КП_1$ и держат ее до тех пор, пока киловольтметр KV_1 не покажет требуемой величины испытательного напряжения. При этом включается реле времени *РВ* и начинается отсчет выдержки времени. По истечении 1 *мин* замкнется контакт реле времени $РВ_1$, загорится сигнальная лампа $ЛС_3$ и включится реле $Р_1$, которое своими контактами переключит исполнительный механизм на снижение испытательного напряжения.

По окончании испытаний корпусной изоляции нажимают кнопку $КС_2$, после чего выключают тумблер $ПП_1$ и включают тумблер $ПП_2$ (испытание межвитковой изоляции). Нажимают кнопку $КП_2$, и загорается лампа $ЛС_2$. Затем нажимают кнопку $КП_1$ и держат до тех пор, пока киловольтметр KV_2 не покажет требуемую величину испытательного напряжения. При этом реле времени *РВ* начнет отсчет выдержки времени, по истечении которого испытательное напряжение автоматически снизится до нуля.

При пробое корпусной изоляции какой-либо катуш-

ки сработает блинкер *БЛ* в цепи этой катушки, а затем реле $РТ_1$, которое выключит стенд. При пробое межвитковой изоляции одной из катушек сработают оба

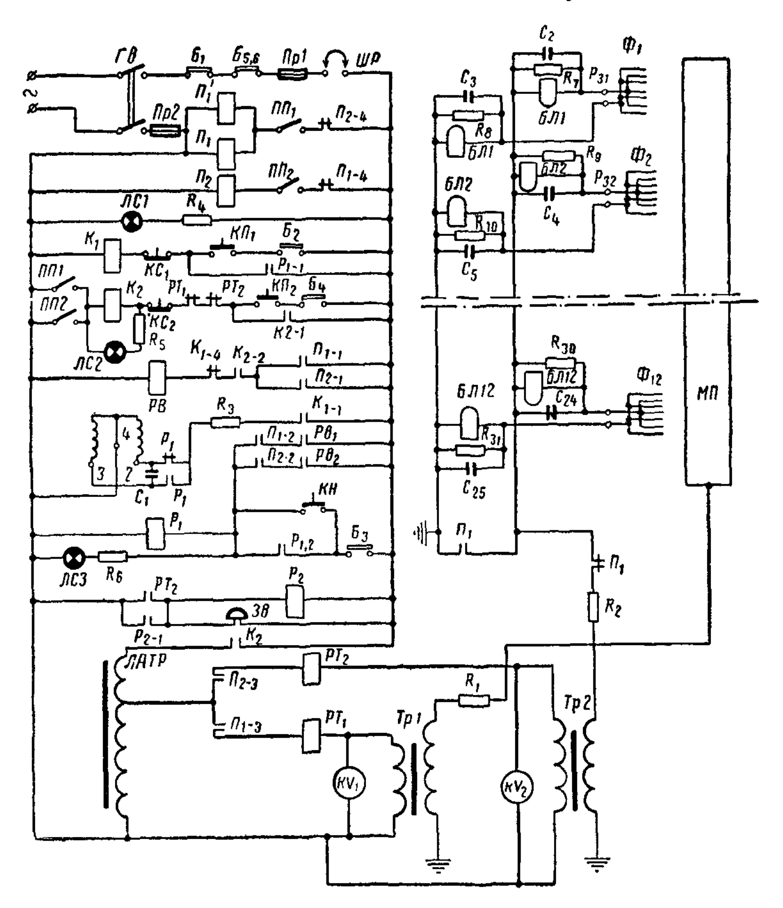


Рис. 39. Принципиальная электрическая схема установки для испытания изоляции катушек тяговых двигателей:

ЛАТР — автотрансформатор: **БЛ1, БЛ2, ..., БЛ12**—блинкеры; **Тр1, Тр2**,—трансформаторы; **РВ** — реле времени; $Р_1$, $Р_2$, $К_1$ $К_2$, $П_1$, $П_2$— реле промежуточные; $КС_1$, $КС_2$, $КП_1$, $КП_2$ —кнопки управления; $РТ_1$, $РТ_2$ — реле токовые; **ГВ** — главный выключатель; **ШР** — штепсельный разъем; $Пр_1$, $Пр_2$ — предохранители; $ЛС_1$—$ЛС_3$ — сигнальные лампы; KV_1, KV_2 — киловольтметры; R_1 — R_6 — ограничительные сопротивления; **МП** — металлическая плита; R_7 — R_{10}, . ., R_{30}, R_{31} — сопротивления; **Зв** — звонок; C_1 — конденсатор; C_2 — C_3, ..., C_{24}, C_{25} — конденсаторы малогабаритные; $Б_1$, $Б_5$, $Б_6$ — блокировки двери и окна; $Б_2$, $Б_4$ — блокировки; $Р_{31}$, $Р_{32}$ — розеткн включения фишки; $Ф_1$, $Ф_2$, ..., $Ф_{12}$—фишки

блинкера *БЛ* в цепи этой катушки, а затем токовое реле $РТ_2$, которое выключит напряжение и включит звонок *Зв*. Испытательные напряжения для катушек якорей тяговых двигателей приведены в табл. 6.

Таблица 6

Тип машины	Испытательное напряжение изоляции катушек в *в*		Уровень электрической прочности корпусной изоляции в *в* (не менее)
	Межвитковой	Корпусной	
НБ-412	1000	8 600	14 000
НБ-406	1000	14 000	20 000
ДПЭ-400, НБ-411	1500	14 000	20 000
ДК-103, ДК-106	1500	14 000	24 000
ТАО-649	450	4 500	5 500
ЭДТ-200	220	4 200	5 000

Исследованиями, проведенными в ВЭлНИИ [8], установлено, что испытания катушек обмоток якорей тяговых двигателей переменным напряжением не гарантируют их электрическую прочность. Только комплексное испытание переменным и импульсным напряжением позволяет выявить все скрытые дефекты в изоляции якорных катушек. Наилучшие результаты выявления такого вида дефектов дают импульсы напряжения длительностью порядка 40 *мксек* и фронтом волны 1,5 *мксек*. Для этих целей ВЭлНИИ разработано устройство, позволяющее с высокой производительностью осуществлять комплексные испытания переменным, импульсным и постоянным напряжением корпусной и межвитковой изоляции катушек обмоток якорей тяговых двигателей. Промышленные испытания на заводе НЭВЗ такого устройства показали, что его внедрение повышает эксплуатационную надежность изоляции обмоток тяговых двигателей НБ-412 примерно в три раза.

Приборы для определения дефектов изоляции катушек. Ранее из-за отсутствия приборов для определения места дефекта межвитковой изоляции якорных катушек приходилось полностью удалять дорогостоящую корпусную изоляцию со всей катушки. ВЭлНИИ создано устройство, предназначенное для оп-

ределения конкретного места дефекта (пробой, прокол и т. п.) между витками без разрушения изоляции катушек.

На рис. 40 показан прибор, внедренный на заводе МЭМРЗ, для определения дефектов в изоляции катушек якорей НБ-412 и НБ-406. Прибор выполнен на максимальное напряжение 1200 *в* с частотой 10 *кгц*, что позволяет определить конкретные места дефектов в межвитковой изоляции катушек. Витки, имеющие дефект, определяют по сигнальным лампам «индикаторы витков».

Испытание катушек вспомогательных машин выполняют прибором, позволяющим определить правильность

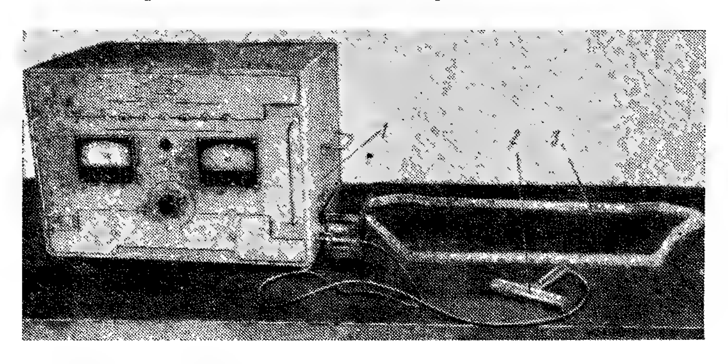


Рис. 40. Прибор для определения места дефекта в изоляции катушки:
1 — прибор; 2 — индикатор; 3 — катушка

выводов, а также наличие межвитковых замыканий между проводниками и слоями многовитковых проволочных якорных катушек.

Перед сдачей на склад две-три катушки из партии 200—250 шт. проверяют на пробой и межвитковое замыкание в лаборатории завода для определения уровня электрической прочности изоляции, который должен быть не менее значений, приведенных в табл. 6.

IV

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

18. ИЗГОТОВЛЕНИЕ МИКАЛЕНТЫ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СЛЮДЯНЫХ ЛЕНТ

Среди различных электроизоляционных материалов, применяемых при изготовлении и ремонте тяговых электрических машин, важное место занимают микаленты и специальные слюдяные ленты. Микалента представляет собой гибкую в холодном состоянии бумажнослюдяную изоляцию толщиной 0,08—0,17 *мм*, состоящую из тонких пластинок щипаной слюды, склеенных лаком с одним или двумя слоями микалентной бумаги. Специальные слюдяные ленты — шелкослюдяную и стеклослюдяную — изготавливают из одного слоя щипаной слюды и одного слоя шелка или стеклоткани. В качестве клеящих лаков применяются битумно-масляный лак БТ-95 (№ 441) и кремнийорганический лак ЭФ-5Т.

Изготовление бумажнослюдяной микаленты. На заводе МЭМРЗ при изготовлении и ремонте обмоток якорей тяговых электродвигателей применяют тонкую бумажнослюдяную микаленту марки ЛФЧ-Б и ЛФЧ-ББ 0,08; 0,10 и 0,13 *мм*, которую изготавливают на конвейерной машине. Сушат изготавливаемую на конвейере непрерывно движущуюся микаленту специальными инфракрасными лампами. Этот способ сушки требует меньшей затраты времени по сравнению с другими, причем микалента высыхает очень равномерно, а растворители улетучиваются значительно интенсивнее.

Принципиальная схема конвейерной микалентной машины показана на рис. 41. Машина состоит из стола, двух лакирующих устройств, смачивающих лаком микалентную бумагу, сушильной камеры с лампами инфра-

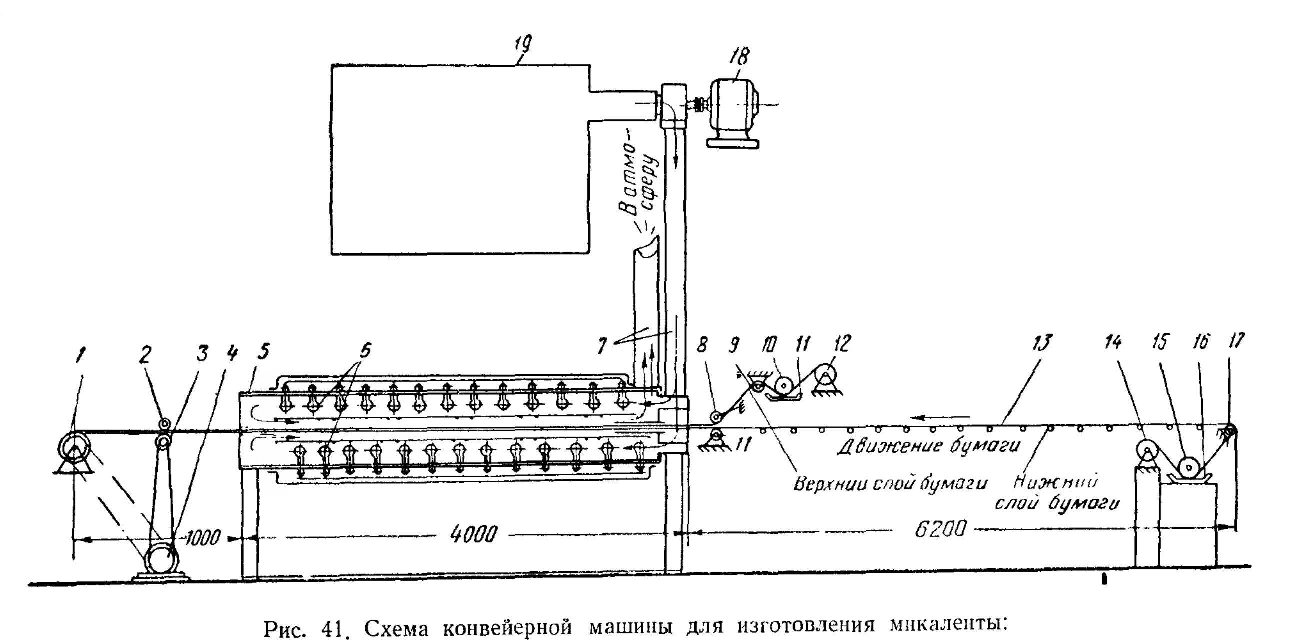


Рис. 41. Схема конвейерной машины для изготовления микаленты:

1 — приемный валик; 2, 8 — прижимные ролики; 3 — опорный ролик; 4 — привод машины; 5 — сушильная камера; 6 — лампы инфракрасных лучей; 7 — вентиляционные патрубки; 9 — разглаживающий роли; 10 — лакосмазывающий барабан; 11 — резервуар с лаком; 12 — рулон микалентной бумаги; 13 — наклеечный стол; 14 — рулон микалентной бумаги; 15 — лакосмазывающий барабан; 16 — резервуар с лаком; 17 — разглаживающий ролик; 18 — вентилятор; 19 — воздушный фильтр

красных лучей, приемного устройства с редуктором и вентиляционной системы. Рабочие места наклейщиц расположены между лакирующими устройствами, оборудованы бортовыми отсосами и снабжены желобами для слюды.

В настоящее время для улучшения качества и ремонта якорных катушек при изготовлении микаленты применяют более качественную слюду флогопит больших номеров и клеящий лак БТ-95 соответствующей вязкости (табл. 7).

Таблица 7

Марка микаленты	Толщина в *мм*	Характеристики слюды флогопит		Вязкость лака в *сек* по ВЗ-4 для слоя бумаги	
		номер	группа	нижнего	верхнего
ЛФЧ-Б	0,08	50—40	1	12—13	—
ЛФЧ-ББ	0,10	40—30	1	13	15
ЛФЧ-ББ	0,13	30—20	2	13	16

Пластинки слюды укладывают на бумагу с перекрытием не более чем на $^1/_3$ их площади. Крайние лепестки слюды не должны выходить за кромки бумаги. При наклейке слюды укладывают ее пластины широкой стороной вдоль ленты без просветов между ними с равномерным перекрытием только в одном направлении. Нельзя наклеивать не соответствующие нормам утолщенные пластинки слюды и пластинки с рваными краями.

Процесс изготовления микаленты на машине идет непрерывно. После наклейки пластинок слюды на движущийся по конвейеру нижний слой бумаги автоматически накладывается верхний слой и микалента поступает в сушильную камеру. Сушильная камера (см. рис. 41) имеет сварную конструкцию. Ее длина 4 *м*, стенки покрыты теплоизоляцией. Источниками тепла служат 60 газонаполненных инфракрасных ламп типа ЭС-2 мощностью по 250 *вт*. Лампы смонтированы в два яруса и расположены в шахматном порядке симметрично друг против друга. Электрические цепи сушильной камеры предусматривают возможность включения различного числа ламп для регулирования температуры в камере в пределах от +25 до 90°С.

На движущуюся микаленту воздействуют инфракрасные лучи ламп и встречный поток теплого воздуха, что значительно сокращает время сушки. Скорость движения микаленты на конвейерной машине устанавливают в пределах 0,5—1,5 *м/мин*; при необходимости ее плавно регулируют при помощи фрикционного редуктора приемного устройства.

После сушки готовую микаленту наматывают в рулоны диаметром не более 200—250 *мм*, при этом склеивание слоев ленты или ее слабая намотка недопустимы. При работе на машине нельзя оставлять без надзора включенные лампы сушильной камеры и конвейер. В случае длительной остановки машины в первую очередь выключают лампы и только после этого отключают вентиляцию сушильной камеры.

Изготовление шелкослюдяной и стеклослюдяной лент. В тяговом электромашиностроении широкое применение находит изоляция класса В на битумном клеящем лаке. Шелкослюдяную и стеклослюдяную изоляцию класса В употребляют для изолирования концов и головок катушек обмоток якорей тяговых двигателей.

В последние годы все шире начинают применять более теплостойкую изоляцию класса Н на кремнийорганическом лаке. Стекломикаленты ЛФК-Т класса Н используют для витковой и корпусной изоляции катушек обмоток якорей двигателей нагревостойкого исполнения. Тонкая стекломикалента обладает высокой электрической прочностью.

Эти изоляционные материалы обычно изготовляют в виде листов на специальном столе, оборудованном вытяжной вентиляцией. Сушат наклеенные листы в сушильных шкафах с циркуляцией воздуха, подвешивая их на специальных рамках-тележках.

При изготовлении шелкослюдяной микаленты куски шелка-эксцельсиора толщиной 0,07 *мм* расстилают на столе и плоской кистью смазывают их тонким слоем клеящего лака БТ-95, имеющего вязкость 11—12 *сек*. Для устранения морщин и складок после промазки лаком кусок шелка обычно снимают, растягивают и вновь расстилают на наклеечном столе. При наклейке стеклослюдяной микаленты ЛФК-Т стеклоткань ЭСТБ толщиной 0,025 или 0,06 *мм* расстилают на стол и смазывают клеящим лаком ЭФ-5Т, вязкость которого зависит от толщины изоляции: для изоляции толщиной

0,08 *мм* — 12—13 *сек*, а для 0,10 и 0,13 *мм* — 13—14 *сек* (по ВЗ-4).

После разглаживания листов кистью, устранения складок воздушных мешков и морщин укладывают лепестки слюды в один слой с минимальным перекрытием. При укладке слюды подмазывают клеящим лаком те части лепестков, которые перекрывают другие лепестки. Наклеенные листы стекломикаленты ЛФК-Т предварительно сушат на воздухе 16—24 *ч*, после чего тележки с микалентой загружают в печь и сушат при 70—90°С в течение 7—8 *ч*.

Контроль и испытания микаленты. В соответствии с ГОСТ 4268—65 в заводской лаборатории производят типовые и контрольные испытания микаленты. Для этого при приемке каждой партии микаленты отдел технического контроля сдает в лабораторию образцы длиной 0,5 *м* или по одному листу. Толщину микаленты проверяют в десяти точках на специальном микрометрическом приспособлении (рис. 42). Качество укладки слюды при наклейке на бумагу проверяют на свет на столе с нижним подсветом. Микаленты и специальные слюдяные ленты не должны иметь посторонних включений и сквозных отверстий.

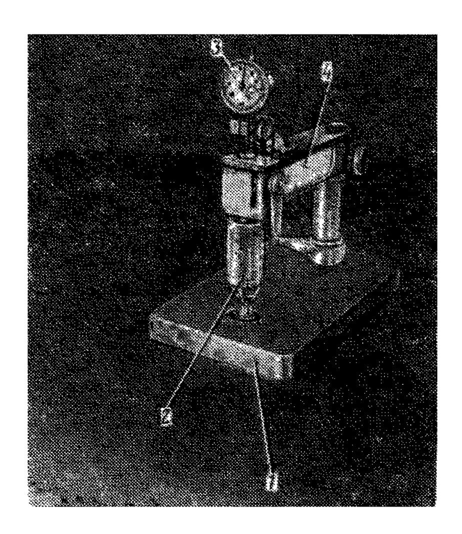


Рис. 42. Микрометрическое приспособление для замера толщины изоляции:

1 — основание; 2 — прижим; 3 — индикатор; 4 — корпус

Электрическая прочность микаленты и специальных слюдяных лент должна быть для ЛФЧ-Б толщиной 0,08—0,13 *мм* не менее 18 *кв/мм*, а для шелкослюдяной и стеклослюдяной ЛФК-Т толщиной 0,13—0,15 *мм* — не менее 15 *кв/мм*. Согласно ГОСТ 4268—65 минимальное значение пробивного напряже-

ния должно быть не менее 1 *кв*, причем допустима всего одна точка из десяти с электрической прочностью не менее 0,6 *кв*.

Резка микаленты. Микалента для изолирования обмоток поступает после резки рулонов или листов на ролики шириной 20 *мм* (для изолирования якорных катушек) и 30 *мм* (для изолирования полюсных катушек). Режут рулонную бумажнослюдяную микаленту на

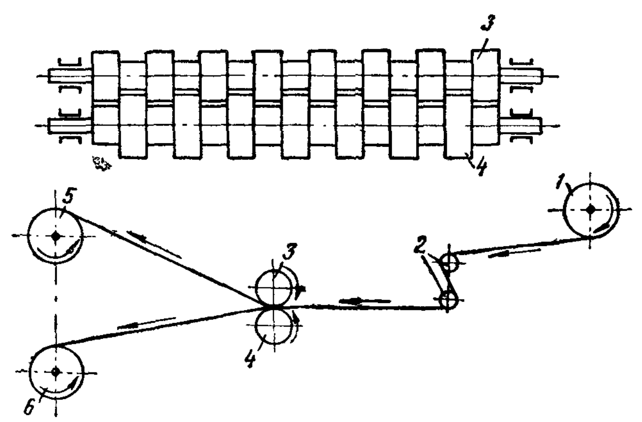


Рис. 43. Схема станка для резки микаленты

станке-ножницах с цилиндрическими ножами. Схема такого станка представлена на рис. 43: микалента из рулона *1* проходит систему разглаживающих валиков *2*, затем между ножами *3* и *4* и попадает на принимающие валики *5* и *6*.

Станок имеет сменные, заранее набираемые круглые ножи и ряд опорно-натяжных валиков. Ножи легко сменяемы, причем нижний *4* не переставляют по высоте, а верхний *3* имеет регулировку.

Приемные валики оснащены специальными разборными катушками. Станок для резки микаленты оборудован отсасывающей вентиляцией. Скорость резки микаленты на станке составляет 12—14 *м/мин* при диаметре наматываемых мотков микаленты не более 250 *мм*.

На некоторых заводах в качестве заменителя микаленты применяют слюдопластовые и слюдинитовые ленты.

19. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИПКОЙ СТЕКЛОЭСКАПОНОВОЙ ЛЕНТЫ И СТЕКЛОФОЛИЯ

Применяемая в отечественном и зарубежном электромашиностроении слюдяная изоляция, как известно, дефицитна, имеет высокую стоимость и сравнительно невысокие диэлектрические и механические свойства.

В настоящее время слюдяную изоляцию начинают широко заменять новой перспективной эскапоновой изоляцией, применение которой для высоковольтных электрических машин дает возможность заменить слюду и пищевые масла полимерными материалами.

Изготовление липкой стеклоэскапоновой ленты. Несколько лет назад на заводе РЭЗ были начаты работы по применению липкой стеклоэскапоновой ленты ЛСЭЛ в качестве главной корпусной изоляции якорных и полюсных катушек тяговых двигателей ДК-106 (УРТ-110) электропоездов ЭР1.

Основные физико-технические свойства липкой стеклоэскапоновой ленты ЛСЭЛ в сравнении с микалентой ЛФЧ-ББ представлены в табл. 8. По сравнению с микалентой липкая стеклоэскапоновая лента имеет следующие преимущества: ее электрическая прочность в 1,8—2 раза выше, чем у микаленты, удельный вес почти в два раза меньше, а механическая прочность на разрыв в 4 раза выше. Последнее преимущество создает широкие возможности для механизации процесса изолирования обмоток электрических машин. Липкая стеклоэскапоновая лента ЛСЭЛ представляет собой полоски стеклоэскапоновой лакоткани, с обеих сторон которых нанесен тонкий слой специального клеящего изоляционного компаунда.

Таблица 8

Наименование показателя	Микалента ЛФЧ-ББ	Липкая стеклоэскапоновая лента ЛСЭЛ
Предел прочности при растяжении в *кГ/мм*^{2} (не менее)	2	8
Среднее значение электрической прочности в *кв/мм* (не менее)	20,6	38,6

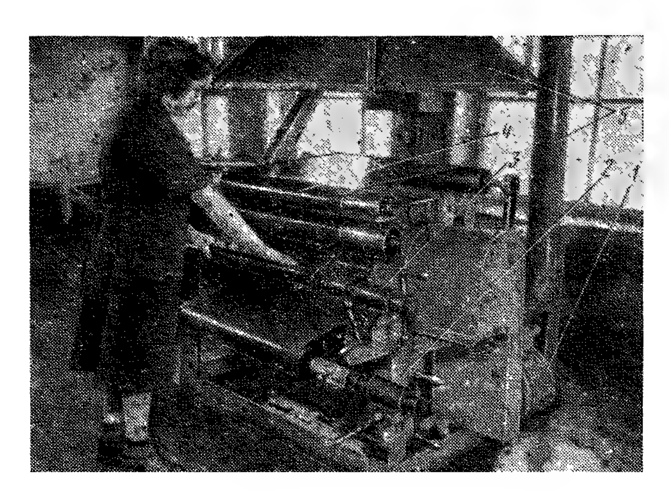


Рис. 44. Машина для изготовления липкой стеклоэскапоновой ленты: 1 — электродвигатель, 2 — станина; 3 — приемное устройство, 4 — отжимные валы, 5 — вентиляция

Класс нагревостойкости этого изоляционного материала еще недостаточно проверен и будет уточнен по мере накопления эксплуатационного опыта. Стойкость к действию повышенной температуры многослойной изоляции из липкой стеклоэскапоновой ленты объясняется защитными свойствами наружных слоев лакоткани. Высокая электрическая прочность эскапоновой изоляции позволяет уменьшить толщину корпусной изоляции якорных и полюсных катушек по сравнению с микалентой (с шести до четырех слоев, накладываемых в полуперекрышу).

Используя опыт и техническую помощь завода РЭЗ, на МЭМРЗ в 1963 г. организовали участок по производству стеклоэскапоновой изоляции. Общий вид машины для изготовления липкой стеклоэскапоновой ленты представлен на рис. 44. В процессе изготовления такой изоляции на машине периодически проверяют толщину наносимого слоя компаунда, который должен равномерно покрывать всю поверхность. При намотке липкой стеклоэскапоновой лакоткани в рулон не допускают складок и морщин.

При получении рулона готовой липкой стеклолакоткани размером 70—80 *мм* по диаметру машину останавливают, перерезают полотно поперек и снимают рулон с

приемного механизма. Липкую стеклоэскапоновую лакоткань перед разрезкой на ролики выдерживают в рулонах 24 *ч* при окружающей температуре.

Режут рулоны на ролики заданной ширины на токарном станке по линейке, установленной на станине станка под суппортом. Готовые ролики липкой стеклоэскапоновой ленты складывают в стопки по 10—12 шт., завертывают в плотную бумагу и хранят в жестяных банках или ящиках. От каждой партии два-три ролика передают в лабораторию для контрольных испытаний.

Липкая стеклоэскапоновая лента должна быть эластичной, а слой изоляционного компаунда — липким без натеков и посторонних включений. Лента должна разматываться без повреждения пленки. Пробивную напряженность электрического поля проверяют в соответствии с требованиями ГОСТ 4268—65, при этом среднее значение должно быть не менее 50 *кв/мм*.

Изготовление эскапонового стеклофолия. Эскапоновый стеклофолий представляет собой стеклоэскапоновую лакоткань, покрытую с одной стороны бакелитовым и глифталевым лаками. Его применяют для изоляции обмоткодержателей якорей тяговых электродвигателей вместо слюдосодержащих миканитов.

Изготавливают эскапоновый стеклофолий на специальной установке, схема которой показана на рис. 45. Лакируют эскапоновый стеклофолий два раза: первый — бакелитовым лаком ГОСТ 901—56 и второй — глифталевым лаком № 1156. Скорость протягивания полотна при лакировке

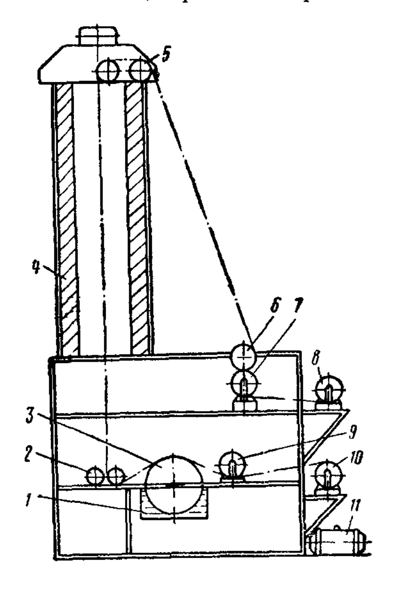


Рис. 45. Схема машины для изготовления стеклофолия:

1 — ванна с лаком; 2 — калибрующее устройство; 3 — лакирующий вал; 4 — сушильная камера; 5 — направляющий вал верхний; 6 — прижимной вал; 7 — подающий вал; 8 — приемный вал; 9 — направляющий нижний вал; 10 — отпускной вал; 11 — электродвигатель

составляет 1,5 *м/мин*. После нанесения лаковой пленки стеклофолий сушат в вертикальной сушильной камере при температуре 100±5°С. При работе на установке следят за температурой в сушильной камере и обеспечивают непрерывную работу вентилятора, за толщиной лаковой пленки (должна быть равномерной), за намоткой готового рулона. Вес готового рулона стеклофолия не должен превышать 12 *кг*. Рулоны упаковывают в плотную бумагу и хранят на стеллажах в подвешенном состоянии.

От каждой партии отбирают пробу 1—1,5 *кг* и передают в лабораторию для испытания. По внешнему виду эскапоновый стеклофолий должен иметь ровную, гладкую поверхность без загрязнений, натеков и признаков отлипа лака. Толщина стеклофолия обычно составляет 0,22±0,03 *мм*, а в отдельных точках ±0,08 *мм*.

Средние значения пробивной напряженности электрического поля для готового стеклофолия — не менее 30 *кв/мм*.

20. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ МИКАНИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Такие изоляционные детали, как коллекторные манжеты, изоляционные фланцы, трубки и втулки, изготавливают из формовочного миканита марок ФФГА и ФМГА толщиной от 0,25 до 0,5 *мм*, склеивая его лаками на основе термореактивных смол. Эти лаки размягчаются при нагреве и переходят в твердое неплавкое состояние в процессе дальнейшего нагревания и опрессовки.

Миканитовые изделия формуют под давлением в специальных прессформах. Основные показатели их качества — малая усадка, монолитность и точность размеров, особенно толщины.

Изготовление коллекторных манжет. Манжеты диаметром до 500 *мм* для коллекторов тяговых двигателей электропоездов и тепловозов, а также для коллекторов вспомогательных машин всех типов изготавливают целыми, а для электровозных тяговых двигателей диаметром свыше 500 *мм* — составными (из отдельных сегментов).

Цилиндрическая прессформа для целых манжет (рис. 46) состоит из матрицы *5* и штемпеля *2*. Рабочие грани *К* этих деталей притачивают и шлифуют с большой точностью по шаблонам, соответствующим профилю «ласточкина хвоста» коллекторных пластин. Прессформа для сегментов составных манжет также состоит из матрицы и штемпеля. При разъеме прессформы штемпель свободно снимают и готовые сегменты легко вынимают из матрицы.

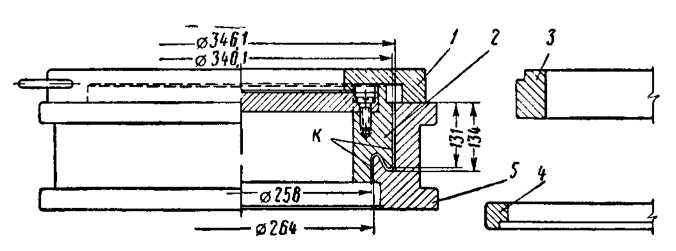


Рис. 46 Прессформа для изготовления миканитовых манжет коллектора тягового двигателя ДК-103

1 — дистанционное кольцо, 2 — штемпель, 3, 4 — выпрессовочные кольца, 5 — матрица

Процесс изготовления фасонных миканитовых изделий состоит из следующих основных операций: вырезки заготовок из миканита, склеивания заготовок, предварительного прессования, прогревания заготовок вместе с прессформой в печи при температуре 180—210°С, окончательного прессования и охлаждения под давлением, отделочных операций и контроля

При изготовлении коллекторных манжет заготовки, представляющие собой часть кольца, вырезают из миканита ФМГА толщиной 0,25 *мм*. По внутренней дуге заготовка имеет ряд вырезов, переходящих в надрезы Это устраняет излишки материала по внутреннему конусу и буртику манжеты и позволяет избежать утолщения в этих местах Размеры заготовок для различных машин рассчитывают с учетом развертки поверхности изделия

Миканитовые заготовки собирают в пакет из 15—20 листов, верхний лист размечают по шаблону и весь пакет вырезают по разметке на ленточной пиле. После вырезки заготовок слои миканита тщательно промазы-

вают с обеих сторон клеящим лаком. В качестве клеящего лака при заводском ремонте применяют глифталевый лак удельным весом 0,9—0,91 и клей БФ-2 удельным весом 0,84—0,86. При изготовлении манжет для коллекторов электромашин с изоляцией класса Н применяют кремнийорганический лак и формовочный миканит ФФКА на смоле К-40 или К-42.

Крайние листы, которые будут прилегать к матрице и штемпелю прессформы, промазывают лаком только с внутренней стороны. При склеивании заготовок для повышения прочности манжеты соседние слои миканита сдвигают на $^1/_4$ шага вырезов.

Подогретую на электрической плите до размягчения заготовку манжеты закладывают в горячую прессформу. Во избежание прилипания миканита к прессформе внутренние поверхности штемпеля и матрицы промазывают консталином или смазкой на основе кремнийорганического каучука СКТ. Прессформу с заложенной в нее заготовкой предварительно опрессовывают на гидравлическом прессе под давлением 3—5 *Т* и загружают в печь на 30 *мин*. После этого ее запрессовывают под давлением, составляющим 40—50% давления окончательного прессования, указанного в табл. 9.

Таблица 9

Тип машины	Время выдержки в печи в *ч*	Давление прессования в *Т*
НБ-412, НБ-406, НБ-411 . . .	2	100
ДК-106, ДК-103, ЭДТ-200 . . .	2	60
НБ-430, НБ-431, НБ-429 (двигатель) .	1	40
ДК-604, ДК-601, НБ-404, ДК-403 .	1	30
ДК-405, НБ-429 (генератор) . . .	1	25

Опрессованную заготовку вместе с прессформой выдерживают в печи при температуре 180—210°С. Длительность прогревания зависит от толщины и габаритов изделия. Обычно ее выбирают из расчета 35 *мин* на 1 *мм* толщины манжеты на глифталевом лаке и 50 *мин* на кремнийорганическом лаке. После прогревания прессформу окончательно опрессовывают при удельном давлении 300—350 *кГ* на 1 *см*^{2} площади проекции изделия.

Прессформы охлаждают под давлением при темпе-

ратуре окружающего воздуха. Для ускорения охлаждения применяют вентиляторы. Отделочные операции включают подрезку и зачистку кромок, удаление остатков лака, смазки и наплывов.

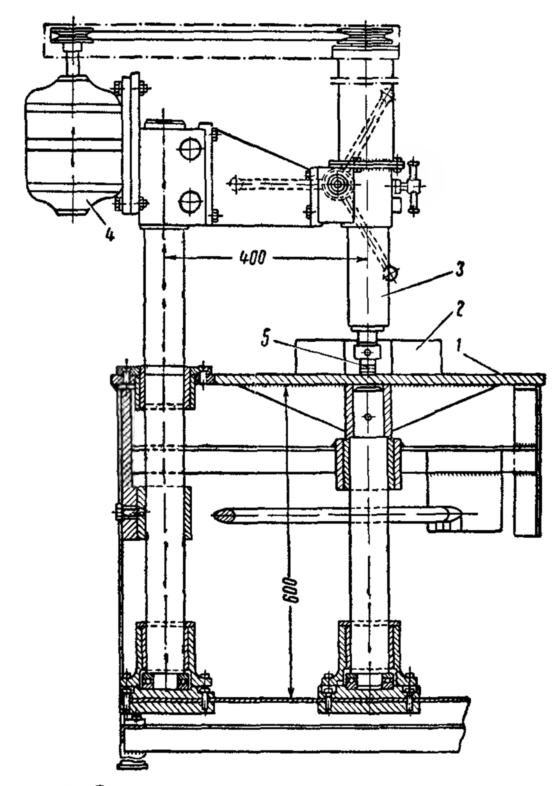


Рис. 47. Станок для подрезки кромок миканитовых манжет:

1 — стол; 2 — раздвижные призмы; 3 — шпиндель; 4 — электродвигатель; 5 — фреза грибковая

На заводе «Динамо» кромки целых манжет подрезают непосредственно в прессформах на специальных станках, простых по конструкции и надежных в работе. Внешне станок (рис. 47) напоминает радиальносверлильный, на конце шпинделя которого вместо сверла укреплена сменная грибковая фреза диаметром 20 *мм*. Основание станка снабжено круглым поворотным сто-

лом с раздвижными центрирующими призмами, которые регулируют съемным ключом.

Работа на станке весьма проста. Прессформу ставят на стол, зажимают призмы и подводят шпиндель к изделию. Кромки манжет любой толщины обрезают легко за один оборот стола. Применение этого станка повышает производительность труда в 3—4 раза и полностью освобождает рабочего от утомительного и непроизводительного труда при отделке манжет.

Изготовление изоляционных фланцев, цилиндров и полуколец. При заводском ремонте изоляционные фланцы, цилиндры и полукольца осматривают, проверяют их размеры и ремонтируют, а при сквозных повреждениях, расслоении и рыхлости заменяют вновь изготовленными из формовочного миканита.

Миканитовые фланцы для изолирования катушек от металлического фланца, крепящего заднюю лобовую часть разрезной обмотки якорей НБ-411, ДПЭ-400, ДПЭ-340, обычно изготавливают из формовочного миканита ФФГА толщиной 0,5 *мм* на глифталевом лаке. Изоляционные фланцы выпекают в прессформе, показанной на рис. 48. Для этого заготовки из формовочного миканита в виде полос с зубцами и сегментов промазывают клеящим лаком, складывают в пакеты по три-четыре листа (со сдвигом листов друг относительно друга на 10—15 *мм)* и нагревают на плите до полного размягчения.

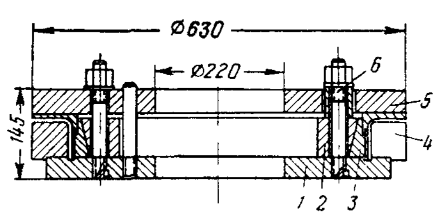


Рис. 48. Прессформа для изготовления изоляционного фланца:
1 — плита нижняя; 2 — конус; 3 — плашки; 4 — опрессовочное кольцо; 5 — плита верхняя; 6 — шпилька

Затем рабочие поверхности нижней плиты *1*, предварительно нагретой в печи прессформы, смазывают конспалином и обкладывают одним слоем электрокартона или кабельной бумаги толщиной 0,1 *мм*. Размягченные полосы заготовок изгибают по высоте зубцов и закладывают в прессформу так, чтобы по длине окружности между отдельными листами заготовки не было просветов, а по толщине фланца верхняя

заготовка перекрывала стыки нижних. По торцу фланца между миканитовыми полосами укладывают в полуперекрышу заготовки в форме сегментов. На них кладут электрокартон, затем опрессовочное кольцо *4*, предварительно смазанное консталином.

После нагрева в печи составные плашки *3* пуансона вставляют в прессформу, устанавливают верхнюю плиту *5* и прессуют. По окончании прессования прессформу загружают в печь на 1,5—2 *ч* и запекают миканитовый фланец при температуре 180—210°С. Затем повторяют цикл прессования и запекания. Охлажденный и обрубленный изоляционный фланец после выемки из прессформы очищают от бумаги, лака и смазки.

При изготовлении непрессованных цилиндров коллекторов и полуколец для изоляции обмоткодержателей ширину заготовки выбирают по высоте цилиндра или полукольца, а число заготовок по толщине определяют по общей толщине изделия, которая составляет 1—1,5 *мм* для машин напряжением 1500 *в* и 1,5— 2 *мм* для машин напряжением 3000 *в*. Заготовки промазывают глифталевым лаком и складывают с продольным сдвигом на 10—20 *мм*. Предварительно размягченные заготовки обертывают вокруг горячей оправки, закрепляют лентой или стяжным хомутом и запекают в печи 30—40 *мин* при температуре 180°С. После охлаждения оправки с миканитом до температуры цеха снимают стяжной пояс, а затем зачищают цилиндр и проверяют его качество.

Изготовление миканитовых втулок и трубок. Миканитовые трубки и втулки для кронштейнов щеткодержателей тяговых двигателей электроподвижного состава и тепловозов изготавливают в прессформах, состоящих из валиков и разрезных обойм.

Для изготовления трубок и втулок применяют формовочный миканит ФФГА толщиной 0,25 *мм*. Заготовки нарезают в форме полос шириной, равной длине валика прессформы. После прогревания деталей прессформы в печи при температуре 180—210°С предварительно нагретые до размягчения заготовки плотно укатывают вокруг валика-оправки и, обернув один раз смазанной консталином кабельной бумагой, закладывают в прессформу, которую на 1 *ч* помещают в печь с температурой 210°С. Изделие опрессовывают на гидравлическом

прессе, выдерживая его под давлением 10—18 *Т* и до полного охлаждения.

После снятия давления валик прессформы извлекают из миканитовой трубки, которую затем разрезают на части соответствующей длины и зачищают поверхность и торцы стеклянной бумагой.

Ремонт миканитовых изделий. Местные дефекты и утоньшения, установленные наружным осмотром миканитовых изделий, устраняют подклейкой формовочного миканита или слюды клеящим лаком с последующим запеканием в прессформе при температуре 180—210°С. Запечку, опрессовку и зачистку выполняют в той же последовательности, как и при изготовлении новых аналогичных изделий, причем подклеенные места должны иметь механическую и электрическую прочность не ниже, чем неповрежденные.

Контроль и испытание. Все фасонные изоляционные изделия из миканита осматривают, обращая особое внимание на качество опрессовки, наличие посторонних включений, которые снижают электроизоляционные качества изделий. Складки, расслоения и надрывы миканита недопустимы. При обстукивании деталей металлическим предметом они должны издавать характерный чистый звук.

Коллекторные манжеты и сегменты испытывают на пробой следующим напряжением:

Тип машины	Испытательное напряжение в *в*
НБ-412, НБ-406, ДПЭ-400, ДК-103, ДК-106, НБ-429 (двигатель), НБ-430, НБ-431, ДК-403, ДК-404, ДК-604, ДК-601	12 300
ЭДТ-200, ДК-406, ДК-409 .	6 400
ДК-405, НБ-429 (генератор)	1 600

Испытывают манжеты переменным током 50 *гц* на специальной установке. Напряжение до испытательного повышают плавно в течение не менее 10 *сек* и выдерживают его 1 *мин*, затем напряжение снижают до $^1/_3$ и установку отключают.

V

РЕМОНТ СЕРДЕЧНИКОВ ЯКОРЕЙ И КОЛЛЕКТОРОВ

После снятия обмотки, очистки деталей и осмотра якорь направляют на дальнейшую разборку и ремонт. На гидравлическом прессе спрессовывают коллектор, применяя специальные приспособления в зависимости от конструкции машин. У тяговых двигателей НБ-412, НБ-406, ДК-103 и ДК-106 коллектор спрессовывают с коробки якоря; у тяговых двигателей ДПЭ-400 и ДПЭ-340 — с передней нажимной шайбы якоря; у тяговых двигателей ДК-304, ЭДТ-200 и большинства вспомогательных машин — с вала якоря. У мотор-генераторов ДК-401, преобразователей НБ-429 и динамоторов ДК-601 и ДК-604 в случае разборки пакета стали сердечника якоря распрессовывают оба коллектора.

21. РЕМОНТ СЕРДЕЧНИКА ЯКОРЯ И ЕГО ДЕТАЛЕЙ

Сердечники якорей ремонтируют без перепрессовки, если нет ослабления стали и нажимных шайб (обмоткодержателей), расслоения листов, больших выжегов и вмятин на стали, криволинейности пазов, сдвига и излома зубцов, а также биения поверхности относительно шеек вала более 1 *мм*. При ремонте сердечника якоря без перепрессовки стали пазы проверяют по ширине, завальцованные и оплавленные места и заусенцы зачищают. Выжеги стали не более чем в двух пазах, занимающие не более 20% длины и высоты паза, глубиной в отдельных местах до 15% толщины зуба оставляют, не перебирая сталь.

Сердечники якорей ремонтируют с переборкой пакета стали при обнаружении перечисленных дефектов, а

также при изломе упорного бурта коробки якоря, поломке частей нажимных шайб и трещинах в ступицах шайб, вырубка и заварка которых невозможны без разборки сердечника якоря. При ремонте сердечника якоря с переборкой стали его разбирают. Перед распрессовкой специальным ключом отвертывают гайку, крепящую переднюю нажимную шайбу.

Для распрессовки нажимных шайб и стали сердечник якоря устанавливают на вертикальный гидравлический пресс в вертикальное положение так, чтобы задняя нажимная шайба опиралась на специальное приспособление.

Ремонт вала. Вал с втулкой якоря после распрессовки очищают от грязи и ржавчины, осматривают и проверяют его исправность и соответствие размеров посадочных поверхностей нормам допусков и износов.

Годный для ремонта вал выверяют на токарном станке при помощи индикатора. В месте установки внутренних колец роликовых подшипников и по конусу биение вала не должно превышать величин, допустимых по нормам. При необходимости делают перецентровку вала на токарном станке в люнете с применением специального инструмента. Резьбу вала под гайку проверяют резьбовым калибром 3-го класса точности. Изношенную резьбу восстанавливают электронаплавкой с последующей нарезкой по чертежным размерам или перерезкой по ремонтному размеру. Раковины или срыв резьбы по длине более 5% недопустимы. Изношенную резьбу под стопорные болты в торце вала нарезают заново на следующий ремонтный размер или сверлят отверстия в новых местах, расположенных между старыми отверстиями, и затем нарезают резьбу. В этом случае старые отверстия заделывают пробками заподлицо с торцом вала.

Посадочные поверхности конусов на концах вала под установку шестерен должны быть строго выдержаны по диаметру и длине. Износ этих поверхностей проверяют калибрами по краске. Площадь прилегания конуса вала к калибру должна быть не менее 65% с равномерным распределением краски по поверхности. Следы мелких задиров, забоин и рисок в зоне притирочной поверхности конуса вала общей площадью более 15% недопустимы. Выводить выработку и забоины, а также

исправлять несоответствие угла конуса калибру и эллиптичности можно притиркой наждаком по притирочному шаблону или проточкой на станке с последующей шлифовкой до размеров в пределах допускаемых.

Шейки валов якорей под посадку колец роликовых подшипников, лабиринтовых и упорных втулок, имеющие задиры, конусность, эллиптичность или износ поверхностей, протачивают на станке до следующих ремонтных размеров с градацией через 0,25—0,5 *мм*. При обработке вала резцом не допускают риски глубиной более 0,1 *мм* и подрезы галтелей. Конус вала обтачивают с минимальным снятием металла. Допустимо восстановление изношенных поверхностей валов тяговых двигателей хромированием, вибродуговой наплавкой, а также постановкой специальных втулок по чертежам, утвержденным МПС.

За последние годы в ряде отраслей промышленности и на транспорте нашел широкое применение способ восстановления деталей машин и механизмов путем вибродуговой наплавки под слоем флюса, разработанной отделением сварки ЦНИИ МПС. После окончания наплавки вала наплавленную поверхность зачищают до металлического блеска проволочной щеткой и механической обработкой восстанавливают чертежные размеры (технологию наплавки валов см. на стр. 303).

Так как валы тяговых двигателей работают при знакопеременных нагрузках, в целях повышения усталостной прочности поверхность валов после наплавки и механической обработки упрочняют методом пластического деформирования или накаткой роликами. В суппорте станка вместо резца устанавливают специальное приспособление (рис. 49), имеющее ролик, изготовленный из стали ШХ-15 с термообработкой. Во время работы станка ролик обкатывает поверхность вала, что повышает его сопротивление разрушению от усталостных напряжений.

Перед накаткой поверхности вала обтачивают по 5-му классу чистоты, при этом учитывают возможное уменьшение диаметра детали после накатки на 0,03—0,05 *мм*. Накатывать детали можно с гидравлическими, механическими или пневматическими приспособлениями для нажатия ролика. Рекомендуемые ЦНИИ МПС режимы накатки приведены в табл. 10.

Таблица 10

Характеристика	Двусторонняя накатка	Односторонняя накатка
Диаметр роликов в *мм*	100	70
Количество роликов в шт.	2	1
Усилие накатки в *кГ*	1400	500
Подача в *мм/об*	0,2—0,3	0,2—0,3
Скорость вращения вала в *об/мин*	До 250	250—300

Накатываемую поверхность вала смазывают машинным маслом. При двусторонней накатке след-дорожка от упрочняющего ролика должна опережать на 2—4 *мм* след-дорожку от сглаживающего ролика. Если после накатки из-за неоднородности наплавки чистота

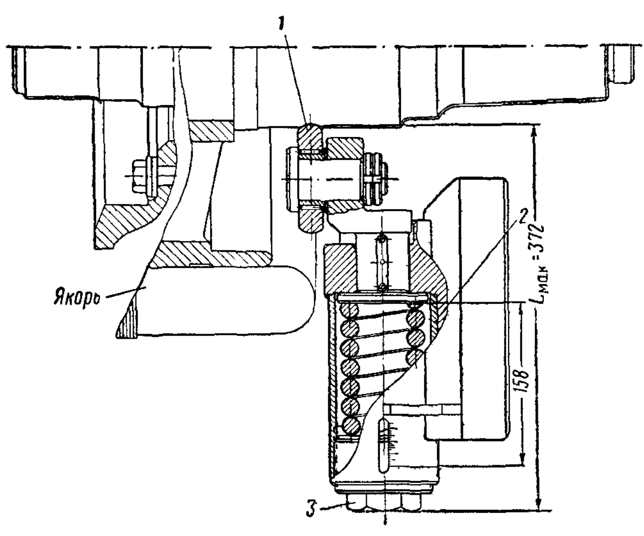


Рис. 49. Приспособление для упрочнения накаткой валов тяговых двигателей:

1 — ролик; 2 — стакан; 3 — гайка

поверхности будет недостаточной, то эту поверхность вала протачивают или шлифуют по 0,2 *мм* на сторону.

При износе валов вспомогательных машин до предельных размеров их можно восстанавливать методом металлизации, состоящим из трех операций: подготовки восстанавливаемой поверхности вала к покрытию

металлом, нанесения металлизационного слоя и механической обработки после металлизации до соответствующего размера. Для нанесения металлического покрытия методом напыления расплавленного металла струей сжатого воздуха используют металлизационный аппарат УТМ-1 (рис. 50). Металлизированную поверхность вала якоря обтачивают и шлифуют. Контроль поверхности вала, восстановленного наплавкой или ме-

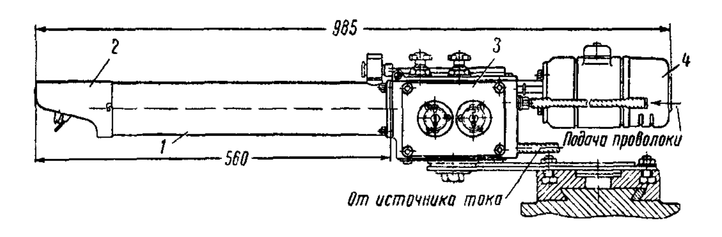


Рис. 50. Универсальный трехфазный металлизатор УТМ-1:
1 — трубка направляющая; 2 — головка; 3 — механизм подачи проволоки; 4 — электродвигатель

таллизацией, состоит из внешнего осмотра, измерения, обстукивания на отслаивание нанесенного слоя металла и дефектоскопии.

На некоторых авторемонтных заводах для восстановления изношенных деталей широко применяют осталивание в горячем хлористом электролите. В состав электролита входит хлористое железно 300 *г/л*, хлористый марганец 30 *г/л* и соляная кислота 1,5 *г/л*. Осталивают детали при температуре электролита 60—80°С и плотности тока 30—50 $а/дм^2$.

Изношенные детали, поверхность которых подлежит осталиванию, шлифуют на станке, обезжиривают и промывают в горячей воде. Поверхности детали, не подлежащие осталиванию, изолируют специальной обмазкой из растворенной в ацетоне кинопленки. Продолжительность электролиза устанавливают в зависимости от требуемой толщины слоя покрытия и скорости осаждения железа. При плотности тока 30—50 $а/дм^2$ за 1 *ч* осаждается слой толщиной 0,2—0,3 *мм*. Анодами служат пластины из стали, содержащей 0,2% углерода, помещенные в мешки из стеклоткани.

После осталивания детали промывают в горячей

проточной воде, нейтрализуют в 5—10%-ном растворе кальцинированной соды и снова промывают. Детали после покрытия шлифуют до заданного размера, одновременно проверяя этим прочность сцепления покрытия с поверхностью детали.

Изготовление валов. Вал якоря заменяют новым, если его прямолинейность и размеры нельзя восстановить описанными способами, а также если он имеет поперечные трещины, которые нельзя удалить проточкой до ремонтных размеров. Часть валов тяговых двигателей в результате износа выходит за пределы минимально допустимых ремонтных размеров. Для использования дефицитной легированной стали такие валы можно перековывать, изготавливая из непригодных крупных валов более мелкие. Так, например, из валов двигателей ДПЭ-400 изготавливают валы для двигателей ДК-103 и ДК-106.

Заготовки валов из легированной стали 20ХН3А вытачивают с припуском 2,5 *мм* по диаметрам шеек на окончательную обработку и шлифовку. Для термической обработки валов можно рекомендовать камерные электрические печи типа Н-60, оборудованные самопишущими терморегуляторами и термопарами ХК, обеспечивающими измерение температуры до 1100°С. Термическая обработка вала состоит из закалки и отпуска. Для закалки заготовки валов загружают в печь с начальной температурой 300—500°С, затем температуру постепенно повышают до 820—840°С. Продолжительность нагревания заготовок до температуры закалки колеблется в пределах 4—6 *ч*. Время выдержки заготовок валов при температуре закалки зависит от их диаметра (табл. 11).

Таблица 11

Диаметр вала в *мм*	Время выдержки в *ч* при	
	закалке	отпуске
90—130	1,5—2,0	2—3
131—150	2,0—2,5	3—4
151—170	2,5—3,0	4—5

По окончании закалки заготовки охлаждают в масляной ванне, оборудованной специальным холодильным устройством. Для отпуска заготовки валов снова загру-

жают в печь, нагревают до 560—600°С и выдерживают при этой температуре установленное время (см. табл. 11). После отпуска заготовки валов охлаждают в масляной ванне и подвергают контролю, который включает внешний осмотр и определение механических свойств.

Каждую заготовку вала тщательно осматривают, чтобы убедиться в отсутствии трещин. Не менее одной заготовки из партии подвергают испытаниям в заводской лаборатории на растяжение, ударную вязкость и твердость. Для изготовления образцов одна из заготовок вала должна иметь припуск по длине 100 *мм*. Образец для испытания вырезают на расстоянии 25—30 *мм* от поверхности заготовки. Стальные заготовки валов после термической обработки должны иметь следующие механические свойства: временное сопротивление разрыву не менее 70 *кГ/мм*^{2}, предел текучести 50 *кГ/мм*^{2}, относительное удлинение 19%, ударную вязкость (по Меже) 8 *кГ/см*^{2}, твердость по Бринеллю 210—289.

После испытаний заготовки валов направляют на механическую обработку и окончательное шлифование. Размеры вала в местах посадки втулки якоря, пакета стали сердечника и нажимных шайб якоря должны соответствовать размерам отверстий этих деталей. Натяги при этом по всей длине вала должны быть выдержаны согласно нормам. Все валы, вновь изготовленные и выточенные из перекованных, перед отправкой на сборку тщательно осматривают, измеряют и подвергают магнитной дефектоскопии. На каждый вал, изготовленный заводом, составляют паспорт.

Ремонт втулки якоря. Втулки якорей тяговых двигателей после снятия напрессованных на них деталей осматривают и проверяют соответствие размеров нормам допусков и износов.

Втулку якоря, годную для ремонта, но с ослабленной посадкой на вал, что легко обнаруживать обстукиванием, распрессовывают на горизонтальном гидравлическом прессе. Риски на поверхности втулки, не влияющие на качество запрессовки вала и других сопрягаемых деталей, оставляют без исправления, а заусенцы запиливают.

Если при дефектировке установлено, что внутренняя посадочная поверхность втулки разработана больше

нормы, то втулку заменяют новой. При обнаружении на внутренней поверхности глубоких задиров общей площадью более 10% посадочной поверхности, а также эллиптичности и конусности более установленных норм втулку растачивают. Для этого ее устанавливают в специальное приспособление на столе расточного станка и растачивают с минимальным снятием металла.

При износе наружных поверхностей втулки под посадку задней и передней нажимных шайб или коллектора эти поверхности восстанавливают электронаплавкой с последующей механической обработкой под размер сопрягаемых деталей. При этом учитывают, что при износе посадочных поверхностей втулки обычно изнашиваются и сопрягаемые с ней детали. Поэтому в практике заводского ремонта наплавляют только одну из сопрягаемых поверхностей, а на другой устраняют эллиптичность и конусность.

В случае износа шпоночной канавки втулки по ширине ее заваривают и обрабатывают до чертежных размеров или восстанавливают параллельность стенок фрезеровкой. В последнем случае для сборки сердечника применяют ступенчатую шпонку.

Для восстановления резьбы в отверстиях (втулки генераторов ДК-405) срезают старую резьбу, а затем наплавляют и после механической обработки нарезают новую. В некоторых случаях при ремонте нарезают резьбу под гайки уменьшенного диаметра. Втулку с отколом бурта ремонтируют приваркой отколотой части с предварительной разделкой кромок для получения прочного шва.

Ремонт нажимных шайб якоря. При износе посадочных поверхностей, шпоночных канавок и т. п. нажимные шайбы восстанавливают электронаплавкой с последующей механической обработкой. Внутренние посадочные поверхности нажимных шайб наплавляют на специальных установках при вертикальном положении детали.

Трещины, обнаруженные в литье нажимных шайб, вырубают и заваривают электродами марки УОНИ-13/55.

Натяги при посадке нажимных шайб на втулку якоря должны соответствовать нормам. Этого достигают, восстанавливая одну из двух сопрягаемых поверхностей — втулки или нажимной шайбы — при условии

проверки на станке (со снятием стружки) посадочной поверхности другой сопрягаемой детали. Наружные посадочные поверхности нажимных шайб обрабатывают в пределах ремонтных размеров после сборки сердечника якоря. У главных генераторов МПТ-99/47 при заводском ремонте приваривают внутренние кольца нажимной шайбы к ребрам звезды, а также восстанавливают посадочные поверхности самой звезды.

Вновь изготовленные нажимные шайбы якоря балансируют на станке статической балансировки при помощи оправки. Балансировочные грузы приваривают в углублениях шайбы со стороны пакета стали сердечника якоря.

Ремонт и лакировка стали сердечника якоря. При ремонте якоря без переборки пакета стали сердечника все пазы проверяют по ширине и глубине специальными шаблонами. Незначительные искривления листов стали в зубцах допустимы при прямолинейности зубцов и пазов и отсутствии выступов листов на стенках пазов. Отдельные небольшие искривления зубцов и выступание части листов устраняют протяжкой пазов на станке.

Ослабление листов стали сердечника на втулке якоря обнаруживают по дребезжащему звуку шайб при обстукивании, наличию трещин в лаковой пленке или по биению сердечника при установке якоря в центрах станка. В случае ослабления листов пакет стали перебирают и перепрессовывают. При заводском ремонте якорей со сменой изоляции в случае обнаружения выжегов, завальцовки, трещин или излома зубцов стали сердечника также делают переборку листов.

Распрессованный с втулки или вала якоря пакет стали сердечника тщательно осматривают и проверяют по чертежу. Листы стали со сломанными зубцами или трещинами у их основания, а также листы с отличными от чертежных делениями между зубцами подлежат замене. Для сборки пакета из бывшей в употреблении стали используют только исправные листы, размеры отверстий под посадку на коробку или вал якоря которых не выходят за пределы норм и обеспечивают необходимый натяг при посадке.

Листы стали с ржавчиной рихтуют, очищают на станке вращающимися металлическими щетками и промывают в керосине. Лакируют листы на конвейерной

машине. Качество лакировки проверяют внешним осмотром. Подтеки и местные утолщения лака недопустимы. Толщину лаковой пленки измеряют микрометром в пяти точках по длине окружности. Средняя толщина должна быть в пределах 0,025—0,03 *мм*. Омическое сопротивление стандартного пакета стали (20 пластин площадью 1 *дм*^{2}) под давлением 60 *кГ*/*см*^{2} должно быть не менее 50 *ом*.

Во избежание распушения листов стали якоря, повреждения изоляции обмоток и преждевременного выхода двигателя из строя по пробою изоляции крайние листы пакета стали якорей ДПЭ-400 и НБ-411 склеивают клеем БФ-2. Для обеспечения хорошего склеивания листы предварительно очищают от ржавчины и промывают. Клей БФ-2, разбавленный гидролизным спиртом до удельного веса 0,84—0,86, наносят на чистые листы стали на специальной машине или просто погружают листы в ванну с клеем. Покрытые клеем листы сушат на воздухе до полного исчезновения белесого налета и отсутствия отлипа. Затем операцию нанесения клея повторяют.

Толщина слоя клея БФ-2 после двукратного нанесения должна составлять 0,03—0,05 *мм*. Далее собранные стопкой листы прессуют в специальном приспособлении под давлением 30—35 *Т*. Не снимая давления гидравлического пресса, затягивают болты приспособления, после чего помещают в печь на 3 *ч* и запекают при 150—180°С. Сразу же по выемке из печи горячие пакеты стали подпрессовывают тем же давлением, подтягивают клинья и болтовые зажимы и оставляют в таком виде до полного охлаждения. После остывания и разборки приспособления склеенные листы проходят контроль и испытания. Полученные пакеты не должны иметь распушенных зубцов.

Электрическое сопротивление пакета из 14 листов при испытании на прессе под давлением из расчета 40 *кГ*/*см*^{2} должно быть не менее 1 *ом*.

Для повышения эксплуатационной надежности тяговых двигателей ДПЭ-400 и ДПЭ-340 при заводском ремонте модернизируют крепление обмотки якоря. Бандажное крепление обмотки якоря электрической машины заменяется клиновым, перебирая для этого пакет стали сердечника якоря.

22. РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ

При заводском ремонте тяговых двигателей и вспомогательных машин со сменой изоляции коллекторы ремонтируют с их разборкой. Ремонт коллекторов включает выполнение следующих технологических операций: разборку, ремонт медных и миканитовых пластин, ремонт корпуса и нажимного конуса, ремонт или замену миканитовых конусов (манжет) и цилиндров, сборку и испытание коллекторов.

Разборка коллекторов. При пробое изоляции от корпуса или изоляции между пластинами, а также выплавлении секций из петушков коллектор спрессовывают с сердечника якоря и передают для разборки и ремонта. Перед разборкой проверяют основные размеры коллектора и определяют возможные после ремонта диаметр рабочей части, диаметр и длину петушков коллектора. Эти размеры сравнивают с соответствующими нормами. У коллекторов, поступивших в ремонт, также измеряют зазор между миканитовыми конусами и медными пластинами с обеих сторон.

Затем коллектор стягивают по рабочей поверхности металлическим хомутом. Под хомут подкладывают прокладки из прессштана для обеспечения плотного соприкосновения хомута со всеми пластинами коллектора. При болтовом креплении коллектора его нажимную шайбу снимают при помощи отжимных болтов, используя специальные отвертки и пневматические гайковерты, а при гаечном креплении — специальные ключи и другой инструмент.

Снимают стянутый хомутом комплект пластин с коробки коллектора и устанавливают его выточкой «ласточкина хвоста» на конусную подставку петушками вниз. Торец и «ласточкин хвост» комплекта коллекторных пластин очищают от лака, подгаров, грязи и остатков изоляции. После этого снимают стяжной хомут, а пластины, отдельно медные и отдельно миканитовые, раскладывают на плите в порядке, соответствующем их расположению на коллекторе.

Коллекторы вспомогательных машин с обмоткой якорей из изолированных проводов можно ремонтировать без спрессовки с сердечника. Состояние пластин в этом случае проверяют на комплекте, зажатом в хомуте, а шлицы зачищают крейцмейселем.

Ремонт и лужение медных пластин. Концы секций, оставшиеся в шлицах петушков коллектора после размотки якоря, удаляются выплавлением. Для этого опускают на некоторое время петушок пластины в ванночку с расплавленным припоем ПОС-40. Петушок нагревается, и при ударе пластиной о деревянную подкладку конец шины секций выскакивает из шлица. В случае сильного загрязнения наружной поверхности коллекторных пластин подгарами, копотью, окислами и старой изоляцией их очищают на специальной установке. Внутренние поверхности шлиц петушков очищают от окислов после разведения их щечек в стороны (угол раствора около 45°); одновременно с очисткой изношенные и непригодные к ремонту пластины отбраковывают.

Коллекторные пластины, имеющие недостаточную глубину шлиц и неравномерно расположенные друг относительно друга донышки шлиц, исправляют дополнительным фрезерованием дисковой фрезой на станке. Для использования коллекторных пластин, имеющих выжег краев рабочей поверхности их, в местах выжега наплавляют медью и зачищают восстановленную поверхность по профилю пластин. Раковины в наплавленном слое недопустимы.

При поломке или наличии трещин в щечках петушков коллекторных пластин приваривают новые щечки на контактном сварочном трансформаторе с предварительной опиловкой пластин по месту излома и последующей опиловкой приваренной части под размер коллекторной пластины. В комплекте может быть не более 10% таких пластин.

Пластины, имеющие забоины, поломку обеих щечек, заниженную длину петушка, заменяют. При замене коллекторных пластин следят за соблюдением их контуров. Расточка под «ласточкин хвост» у вновь добавленных пластин должна точно соответствовать профилю расточки всего комплекта. При этом новые коллекторные пластины обычно изготавливают, используя старые в качестве шаблона.

Шлицы коллекторных пластин лудят в электрических ваннах оловянно-свинцовистым припоем ПОС-40, применяя в качестве флюса раствор канифоли в бензине. Для этого пластины помещают петушками вниз в ванну с расплавленным припоем, где выдерживают не

более 1 *мин.* При выемке из ванны излишний припой с пластины снимают стряхиванием. Наплывы припоя, остатки флюса и заусенцы на внешней поверхности щечек петушков зачищают на станке металлическими щетками. Во время лужения и в процессе ремонта пластины располагают в такой же последовательности, как и при разборке.

Ремонт миканитовых пластин. В коллекторах медные пластины изолированы друг от друга миканитовыми пластинами, изготовленными из коллекторных миканитов КФ-1, КФШ и КФА, обладающих малой усадкой.

Исправные миканитовые пластины очищают от загрязнений наждачной бумагой — сначала крупнозернистой, затем мелкозернистой. Для восстановления расщепленных и уменьшенных по толщине миканитовых пластин в расщепленные места закладывают миканит или слюду, опрессовывают, запекают и зачищают боковые стороны до номинальной толщины пластины. При очистке и ремонте миканитовых пластин необходимо также строго сохранять тот порядок их относительного расположения, какой был до поступления коллектора в ремонт.

Миканитовые пластины, имеющие подгары, изломы, перегибы или трещины, подлежат замене. Среднюю толщину как отремонтированных, так и новых пластин определяют измерениями на прессе под давлением. Средняя толщина пластин в комплекте может колебаться в зависимости от процента усадки коллекторного миканита. Рекомендуемые соотношения их толщин для сборки коллекторов тяговых двигателей приведены в табл. 12. Размеры «ласточкина хвоста» вновь добавляемых миканитовых пластин должны соответствовать размерам пластин в комплекте ремонтируемого коллектора.

Ремонт корпуса и нажимного конуса коллектора. Корпус и нажимной конус коллектора перед ремонтом очищают и проверяют размеры посадочных поверхностей и износ резьбовых отверстий, устанавливают наличие выжегов и трещин рабочих поверхностей.

Замене подлежат детали коллектора, имеющие трещины, проходящие вдоль посадочного отверстия на вал или коробку якоря, в хвостовике под гайку или отколы литья. Изношенные рабочие поверхности восстанавли-

Тип двигателя	Количество миканитовых пластин в шт.	Варианты комплектования пластин по толщине в *мм*	Соотношение пластин в комплекте	Средняя толщина в *мм*
НБ-412	525	1,20—1,40	1:2	1,33
		1,10—1,20	2:1	1,13
НБ-406	406	1,02—1,15	1:3	1,12
НБ-411,	285	1,05—1,22	3:2	1,18
ДПЭ-400	285	1,08—1,15	1:1	1,12
ДК-106	329	1,02—1,18	2:3	1,12
ДК-103	301	1,00—1,10	1:2	1,10

вают электронаплавкой или хромированием с последующей механической обработкой. Поверхность корпуса для обеспечения натяга при посадке нажимного конуса коллектора восстанавливают только электронаплавкой. Непригодные резьбовые отверстия и резьбу под нажимные гайки коллектора восстанавливают наплавкой с последующей механической обработкой и нарезкой новой резьбы. Допустима приточка резьбы хвостовика корпуса коллектора под ремонтный размер при условии уменьшения толщины стенки хвостовика по резьбе не более чем на 10% и приточки нажимной гайки по новой резьбе уменьшенного диаметра.

Выжеги на конусных частях площадью не более 2 *см*^{2} наплавляют или заделывают изоляционной замазкой, изготовленной из смеси мелкораздробленной стружки и эпоксидной смолы ЭД-6 с добавлением отвердителя — полиэтиленполиамина. При значительных выжегах конуса и других повреждениях, требующих заварки большой площади, конус протачивают по углу и длине, при этом смещение конуса вдоль оси допустимо не более чем на 2 *мм*.

Сборка коллектора после ремонта его деталей. Сборку начинают с комплектования медных и миканитовых пластин на нажимном конусе, сохраняя при этом их первоначальное расположение. Затем коллектор по рабочей поверхности стягивают хомутом и проверяют правильность чередования медных и миканитовых пластин и соответствие их количества чертежу.

Подобранный и проверенный комплект пластин снимают с нажимного корпуса и переносят на плиту петушками вверх, где его выравнивают по угольнику клинооб-

разной деревянной подбойкой. Подготавливая к сборке корпус и нажимной конус коллектора, осматривают, проверяют поверхности прилегания «ласточкина хвоста» комплекта пластин и подгоняют изоляционные конусы (манжеты) и цилиндры.

У электровозных тяговых двигателей НБ-412, НБ-406, ДПЭ-400 и др. изоляционные манжеты собирают из четырех сегментов по три слоя миканита в каждом с взаимным перекрытием и проклеивают глифталевым лаком. Стыки сегментов заполняют специальной пастой, состоящей из слюдяной пудры, замешенной на клеящем изоляционном лаке.

Собранный и проверенный комплект пластин надевают на подготовленный к сборке нажимной конус или на корпус коллектора, строго соблюдая расположение деталей относительно шпоночной канавки. После этого завертывают коллекторные болты (или гайки) по прежней разметке и проверяют зазор между коллекторными пластинами и миканитовыми конусами (манжетами),

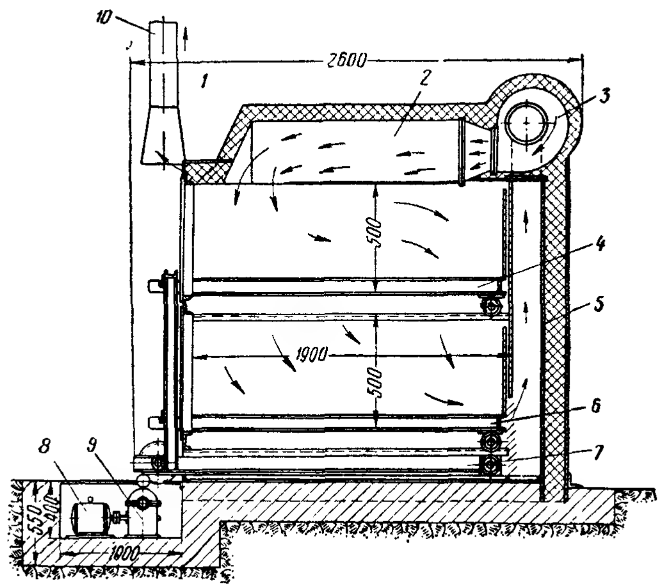


Рис. 51. Общий вид электрической печи для нагревания коллекторов:
1 — вытяжная вентиляция; 2 — электрокалорифер; 3 — вентилятор; 4 — прицепная тележка (верхняя); 5 — каркас; 6 — прицепная тележка (нижняя); 7 — ведущая тележка; 8 — электродвигатель; 9 — редуктор; 10 — вентиляционное устройство

который должен быть несколько больше требуемого в окончательно собранном коллекторе.

К коллектору на этом этапе сборки предъявляют следующие требования: перекос коллекторных пластин по образующей коллектора не должен превышать $^1/_4$ ширины (толщины) медной пластины; перекос наружных торцов коллекторных пластин и нажимного конуса относительно торца конуса коллектора должен быть не более 0,7 *мм* для коллектора с диаметром рабочей поверхности до 400 *мм* и не более 1,2 *мм* для коллекторов с диаметром рабочей поверхности свыше 400 *мм*; эллиптичность рабочей поверхности коллектора не должна превышать 0,7 *мм* для коллекторов диаметром до 400 *мм* и 1,2 *мм* для коллекторов диаметром более 400 *мм*.

После проверки коллектор помещают в электрическую печь (рис. 51), где его нагревают 3—4 *ч* до 150—160°С, а при кремнийорганической изоляции — до 180—200°С.

Нагретый в печи коллектор переносят на вертикальный гидравлический пресс П-952 с программным управлением (рис. 52) и опрессовывают. На Смелянском ЭМРЗ для этого изготовлены специальные прессы зонтичного типа, позволяющие опрессовывать коллекторы с усилием до 150 *Т* в три приема под давлениями, указанными в табл. 13. Стяжные болты или гайки подтягивают в процессе каждой опрессовки.

Таблица 13

Тип машины	Давление в *Т* при опрессовке		
	первой	второй	третьей
НБ-412	35	70	80—85
НБ-406	35	50	78—83
ДПЭ-400, НБ-411	30	40	62—67
ДК-103, ДК-106	20	25	35—40
НБ-429 (генератор), ДК-406	16	3	36—39
ДК-403, НБ-404, ДК-601, ДК-604 (двигатель)	5	7,5	9—10
НБ-429 (двигатель), НБ-430, НБ-431	6	8	10—11
ДК-405, ДК-604 (генератор)	5	7	7—8,5

После подтягивания болтов или гаек щели между миканитовым конусом и медными пластинами закрывают жгутом из пропитанной киперной или стеклянной ленты и закрашивают эмалью 1201 или ГФ-92-ХК.



Рис. 52. Прессование коллектора на вертикальном гидравлическом прессе:

1 — тележка; 2 — коллектор; 3 — упоры; 4 — станина

Во избежание распушения или повреждения в процессе дальнейшего ремонта коллектора вылет миканитового конуса более 20 *мм* бандажируют стеклянной лентой или стягивают хомутом. Вылет манжет зависит от номинального напряжения машины: при напряжении 1500 *в* он должен составлять 40—65 *мм*, при напряжении 3000 *в* — 50—90 *мм*.

После нагревания, прессования и затягивания болтов коллектор испытывают на механическую прочность,

одновременно подвергая его динамической формовке. Для этого вращают коллектор на специальном станке с испытательной скоростью. Сразу после испытаний коллектор устанавливают на пресс и вновь подтягивают болты. Температура коллектора во время прессования должна быть не ниже 110°C. При прессовании не должно быть перекоса пластин и нажимного конуса относительно корпуса.

После охлаждения коллектор вновь опрессовывают на гидравлическом прессе и окончательно подтягивают болты или гайки. При этом тщательно проверяют на отсутствие вибрации коллекторные пластины, болты и гайки коллектора путем их обстукивания в горячем и холодном состоянии, а также проверяют наличие запаса на подтяжку нажимного конуса коллектора (не менее 3 *мм* для тяговых двигателей и 2 *мм* для вспомогательных машин).

Рабочую поверхность и петушки отремонтированного коллектора окончательно обрабатывают на собранном якоре после наложения обмотки и проверки вала. Обточка рабочей поверхности должна быть строго концентричной относительно поверхностей шеек вала и колец роликовых подшипников. Наружные торцы коллекторных пластин и петушки обтачивают с минимальным снятием меди, причем обязательно должна быть оставлена контрольная черновина.

23. ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОЛЛЕКТОРОВ

Изготовление коллекторов — один из самых сложных процессов тягового электромашиностроения. В эксплуатации коллекторы работают в тяжелых условиях, что требует высокой электрической прочности их изоляции и точной обработки рабочих поверхностей. Коллекторы изготавливают из дорогостоящих материалов, выполняя ряд трудоемких технологических операций. Все это требует особо тщательной отработки технологии их изготовления. Процесс изготовления коллекторов тяговых двигателей и вспомогательных машин можно разбить на четыре основных этапа: изготовление деталей, сборка, обработка и испытание готового коллектора.

Если металлические детали коллекторов на ремонт-

ных заводах обычно изготавливают в общих механических цехах, то сборку, обработку и испытание коллекторов, а также изготовление изоляционных изделий выполняют на специализированном коллекторном участке, организация которого вполне рациональна даже при мелкосерийном производстве. Многие операции изготовления коллекторов выполняют, используя специальную технологическую оснастку и нестандартное оборудование.

Заготовка медных и миканитовых пластин. Подавляющее большинство пластин коллекторов изготавливают из холоднотянутой меди марки М1 по ГОСТ 3568—47 с трапецеидальным сечением. Для уменьшения износа коллектора в последнее время для тяговых двигателей стали применять медь с присадками кадмия и серебра.

Для каждого типоразмера коллектора используют полосовые заготовки заданного профиля длиной от 1,5 до 3,5 *м*, упакованные в пачки по 80 *кг*. Размеры коллекторной меди по сечению проверяют специальными профильными шаблонами.

Для получения заготовок коллекторных пластин полосы в зависимости от их размеров разрезают на ножницах, фрезерных станках или рубят на прессах в штампах. Коллекторные пластины толщиной до 3 *мм* штампуют по профилю «ласточкина хвоста» с припуском на токарную обработку не более 2 *мм*. Это облегчает в дальнейшем растачивание комплекта пластин, уменьшает время обработки и позволяет получить полноценные отходы меди в виде кусков, а не в виде стружки, смешанной с миканитовой крошкой.

После штамповки коллекторные пластины рихтуют (правят) вручную или механическим способом на фрикционном прессе в так называемом «вафельном» штампе. Основные рабочие поверхности матрицы и пуансона штампа должны быть тщательно и точно обработаны.

После правки коллекторные пластины транспортируют в гальваническое отделение для хромирования. Нанесение защитного слоя хрома (рис. 53) на поверхности пластины со стороны петушков необходимо для предохранения их от прилипания припоя при лужении шлицев.

Установка для хромирования медных коллекторных

пластин состоит из гальванической ванны с полезным объемом 540 *л* и двух промывочных ванн — для горячей и холодной воды. Гальваническая ванна имеет рубашку для подогрева ее паром. На гальванической ванне смонтированы две анодные и одна катодная штанги, которые подключают к источнику постоянного тока. В состав электролита входит хромовый ангидрид —

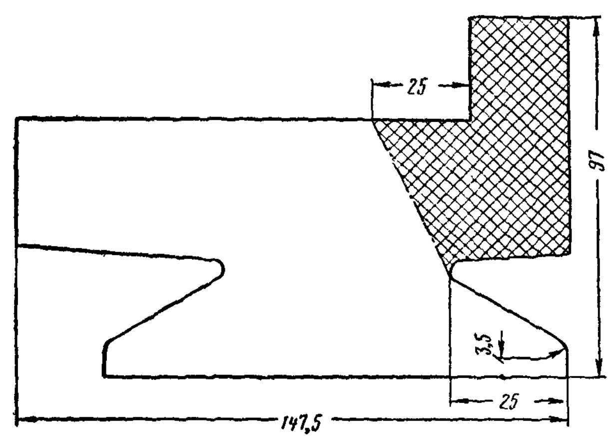


Рис. 53. Заготовка медной пластины коллектора НБ-411 (заштрихованная часть — поверхность хромирования)

100 *г/л* и серная кислота — 1 *г/л*. Температура электролита 55°C, плотность тока на поверхности деталей 25 *а/дм²*. В качестве анодов применяют листы из свинца площадью, равной двойной площади хромированных деталей, а в качестве катода — очищенный лист из стали Ст.3.

Перед хромированием коллекторные пластины помещают в галтовочный барабан и тщательно очищают от масла и грязи. Затем пластины стороной, противоположной петушкам, вставляют в зажимы подвесок. Подвески вешают на катодную штангу и в течение 10—20 *сек* выдерживают в ванне. После появления хрома на поверхности пластин подвески переносят в ванну с холодной, а затем с горячей водой. Толщина пленки хрома на пластинах должна быть не более 10 *мк*.

После хромирования пластин фрезеруют прорези-шлицы для укладки концов катушек. Для фрезерования шлицев коллекторные пластины закрепляют на станке

в пневматических тисках. После фрезерования пластины проверяют, снимают заусенцы и лудят их шлицы в электрической ванне припоем ПОС-40.

На заводе ТЭВЗ сконструирована и внедрена в производство полуавтоматическая линия для изготовления коллекторных пластин двигателей НБ-406. На этой линии основные операции — вырубка, рихтовка, фрезерование шлицев и лужение коллекторных пластин — автоматизированы. Производительность линии до 3000 пластин в смену.

Изоляционные коллекторные пластины изготавливают также штамповкой из коллекторного миканита КФШ или КФ-1, а для коллекторов нагревостойкого исполнения — из миканита КФА. Ленинградский научно-исследовательский институт нерудных материалов разработал новый материал — слюдопласт — с высокими диэлектрическими и механическими свойствами. Применение слюдопласта для изоляционных прокладок коллекторов дало хорошие результаты.

Изоляционные прокладки соответствующей формы вырубают на универсальном штампе. Ширина заготовки миканитовой пластины обычно на 1 *мм* больше ширины заготовки медной пластины. Если медные коллекторные пластины изготовлены с «ласточкиным хвостом», то и изоляционные прокладки должны иметь такую же форму. Правильность формы и размеров изоляционных прокладок проверяют выборочно по шаблону. Кромки по линии обреза должны быть ровными и гладкими без расслоений миканита и выступления пластинок слюды за контур изделия. Трещины и обломы краев прокладок недопустимы. Прокладки сортируют по толщине на группы (см. табл. 12). ВЭлНИИ совместно с заводом НЭВЗ разработал контрольно-сортировочный автомат для механизации процесса подбора прокладок.

Сборка комплекта пластин в кольце. В коллекторе миканитовые пластины должны выступать из комплекта медных пластин со стороны обмотки на 2—3 *мм*, поэтому комплект пластин коллектора собирают на специальном диске с радиальными пазами на одной из его плоскостей.

Глубина пазов равна длине выступающей части изоляции, а ширина на 0,3—0,5 *мм* больше толщины ми-

канитовых пластин. Такая конструкция диска позволяет контролировать число медных и миканитовых пластин при сборке их в кольце.

После сборки комплект пластин стягивают хомутом и передают на опрессовку. Перед запрессовкой проверяют положение пластин в кольце, устраняют возможные их осевые и радиальные перекосы. Комплект пластин должен представлять собой правильный цилиндр без заметного смещения отдельных пластин и прокладок по наружной и торцовой поверхностям.

При опрессовке между медными и миканитовыми пластинами коллектора возникает боковое давление 300—400 *кГ/мм*², которое вызывает усадку миканита и тем самым обеспечивает монолитность коллектора, исключая возможность ослабления и смещения пластин при работе машины в эксплуатации.

Комплекты коллекторных пластин тяговых двигателей и вспомогательных машин опрессовывают на гидравлическом прессе в приспособлении с коническими

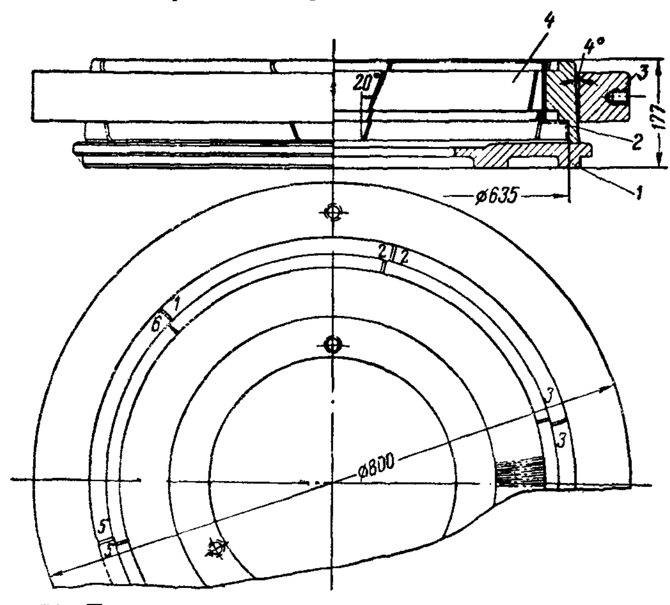


Рис. 54. Приспособление для опрессовки пластин коллектора тягового двигателя ДПЭ-340:

1 — диск; 2 — плашки; 3 — опрессовочное кольцо; 4 — комплект пластин коллектора

кольцом и плашками (рис. 54). Преимущество такого приспособления с коническими плашками — плавное повышение давления между пластинами в несколько приемов. В процессе опрессовки давление не снимают, что исключает сдвиг между медными и миканитовыми пластинами. Самоторможение плашек в кольце обеспечивает угол наклона образующей конуса около 4°. Продольное перемещение кольца под действием пресса сжимает пластины в радиальном направлении. Давление опрессовки собранного комплекта рассчитывают на основании площади боковой поверхности пластины. Для коллекторов двигателей НБ-412 при площади пластины 171,8 *см*² давление прессования составляет 168*Т*; НБ-406 — соответственно 153,1 *см*² и 150*Т*; НБ-411 — 147 *см*² и 145*Т*; ДК-106 — 117,1 *см*² и 115*Т*; ДК-103 — 81,6 *см*² и 80*Т*.

После опрессовки проверяют рейсмусом равномерность посадки кольца по отношению к плите пресса, а после снятия комплекта пластин с диска — соответствие внутреннего диаметра размеру по чертежу. В тех случаях, когда отклонения в толщине коллекторного миканита не компенсируют отклонения меди или когда миканит имеет значительную усадку, применяют утолщенные на 0,1—0,2 *мм* миканитовые пластины, распределяя их равномерно по окружности.

После предварительной холодной опрессовки комплект пластин в кольце нагревают в печи до 160—180°С и окончательно опрессовывают. Охлажденный комплект пластин дополнительно подпрессовывают полным расчетным давлением.

Обработка комплекта пластин в кольце. Перед проточкой «ласточкина хвоста» проверяют размер внутреннего диаметра комплекта пластин, равномерность расположения миканитовых пластин, смещение пластин по высоте и т. п. Конусность цилиндрических поверхностей коллектора по диаметру, смещение отдельных пластин в радиальном направлении, сдвиг по высоте пластин со стороны петушков не должны быть более 1 *мм*.

Для придания пластинам формы «ласточкина хвоста» их вместе с кольцом устанавливают на токарном станке. Для закрепления комплекта пластин на станке используют внутреннее отверстие комплекта, в которое

вводят разжимную оправку, установленную между центрами станка. При завертывании специальной гайки кулачки оправки зажимают комплект пластин в строго горизонтальном положении.

Для обработки внутреннего профиля «ласточкина хвоста» применяют фасонный резец с пластинами твердого сплава ВК-8. При обточке должна быть обеспечена соответствующая жесткость системы станок — разжимная оправка — комплект пластин — резец. Высокое качество обрабатываемых поверхностей «ласточкина хвоста» можно получить только при тщательной заточке режущих кромок резца. «Ласточкин хвост» коллектора растачивают при скоростях резания 100—150 *м/мин* с подачей 0,08—0,15 *мм/об*. Углы «ласточкина хвоста» (33 и 3°) контролируют специальными скобами.

Для удаления заусенцев между пластинами обрабатываемые поверхности шлифуют шкуркой ГОСТ 6456-62 (зерно № 5 или 6) при вращении шпинделя станка в направлении, обратном вращению комплекта пластин коллектора во время растачивания. Станок оборудуют вытяжным устройством для отсасывания медной стружки, слюдяной и миканитовой пыли.

Сборка коллекторов. Коллекторы собирают на специализированном участке в условиях, исключающих попадание в них грязи, пыли и металлической стружки. Комплект пластин после обработки продувают сухим сжатым воздухом, тщательно проверяют и в случае необходимости устраняют заусенцы. Осматриваемые поверхности пластин протирают кистью, смоченной гидролизным спиртом или бензином Б70. Это позволяет легче обнаружить светлые заусенцы меди на темном фоне влажных изоляционных прокладок.

Подготовку к сборке деталей коллектора заканчивают их очисткой. Коробку и нажимной конус очищают от загрязнений и металлической стружки, а затем продувают сжатым воздухом. Изоляционные детали (миканитовые конусы и цилиндры) осматривают, очищают от пыли и протирают.

Сборку, подогрев, опрессовку, подтяжку и динамическую формовку новых коллекторов выполняют так же, как и ремонтируемых. После сборки новый коллектор балансируют и предварительно обтачивают его

рабочую поверхность. Окончательно поверхность коллектора обрабатывают после запрессовки его на сердечник якоря.

24. ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА И ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПЛАСТМАССЕ

В настоящее время в тяговых электрических машинах все большее применение находят коллекторы на пластмассе. Широкое использование пластмасс позволило значительно сократить расход коллекторной меди, слюдосодержащих изоляционных материалов и черных металлов, а также найти лучшие конструктивные решения и повысить эксплуатационную надежность машин.

Технология изготовления коллекторов на пластмассе значительно проще, чем на металлических корпусах. Отпадает необходимость в изготовлении миканитовых конусов (манжет). Не нужна запечка и подпрессовка пакета пластин до сборки коллектора и подтяжка резьбовых соединений под прессом в процессе сборки. Отпадают операции, связанные с динамической формовкой. Резко уменьшается объем станочных работ.

Прессовочные материалы. Для коллекторов с несущими пластмассовыми корпусами в СССР и за границей применяют различные пластические массы. В отечественной промышленности используют армированные пластики, т. е. комбинации полимеров с асбоволокном, стекловолокном и другими неорганическими материалами.

Для изготовления коллекторов часто используют пластмассу марки К-6 из группы термореактивных прессовочных материалов. Для коллекторов наиболее ответственных тяговых электромашин на заводе РЭЗ применяют стеклопластик АГ-4 (и его модификации). Сравнительные данные физико-механических свойств основных пресс-материалов для корпусов коллекторов приведены в приложении 3.

На некоторых зарубежных заводах для изготовления коллекторов применяют пресс-материал на основе смолы аральдит, обладающей высокой нагревостойкостью и надежно работающей при температуре от +200 до —40°С. Этот материал устойчив против воздействия кислот, щелочей, масла, бензина, воды, что позволяет

применять его для электрических машин, предназначенных для работы в условиях тропического климата.

Изготовление коллекторов на пластмассовом корпусе. При изготовлении коллекторов тяговых двигателей и вспомогательных машин на заводах РЭЗ и ТЭВЗ ис-

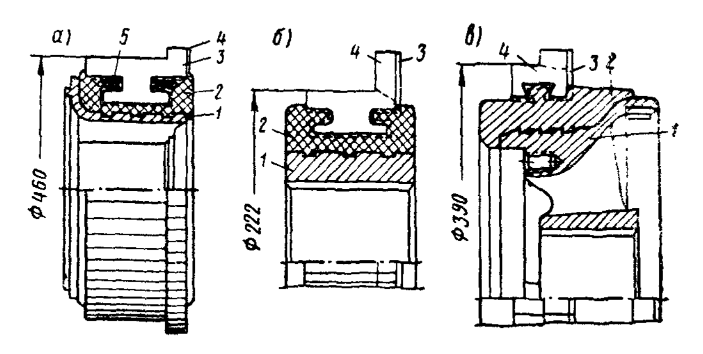


Рис. 55. Коллекторы с пластмассовыми корпусами:

а — тягового двигателя ДК-106 (УРТ-110); б — генератора управления ДК-405К в - мотор-вентилятора НБ-430 и мотор-компрессора НБ-431

пользуют стеклопластик АГ-4, который сочетает высокую механическую прочность и термостойкость с хорошими диэлектрическими свойствами.

На рис. 55,*а* показан коллектор тягового двигателя ДК-106 (УРТ-110) электропоездов ЭР1 и ЭР2 с пластмассовым корпусом и армировочными кольцами. Пластмассовые коллекторы вспомогательных машин электровозов ВЛ8 представлены на рис. 55,*в* — коллекторы мотор-вентиляторов НБ-430 и мотор-компрессоров НБ-431 и на рис. 55,б — коллектор генератора ДК-405К.

Эти новые коллекторы имеют довольно простую конструкцию: они состоят из пакета медных и миканитовых пластин, слоя пластмассы и стальной втулки.

Коллектор на пластмассе обычно имеет литую втулку *1* (см. рис. 55) с винтовыми канавками на наружной поверхности, которые препятствуют смещению втулки относительно пластмассового корпуса *2*. Для предотвращения замыкания медных пластин между собой или через стальные армировочные кольца *5* края изоляционных миканитовых пластин *3* выступают по внутреннему контуру относительно медных пластин *4* на 2 — 3 *мм*. На этих выступающих прокладках фиксиру-

ются армировочные кольца при прессовании коллектора. Армировочные кольца изготавливают из стальной проволоки (марка стали Ст. 45) диаметром 4 *мм*.

Изготовление коллекторов на пластмассе с миканитовой межламельной изоляцией в части сборки, выпекания и опрессовки комплекта пластин принципиально не отличается от соответствующих операций при изготовлении арочных коллекторов с металлическими корпусами и миканитовыми изоляционными конусами.

Коллекторные пластины штампуют с «ласточкиным хвостом». После штамповки медные и миканитовые пластины со стороны наружного диаметра должны иметь припуск 5—8 *мм* для механической обработки рабочей поверхности в дальнейшем. Однако по длине и внутренним диаметрам пластины штампуют с окончательными размерами, так как в пластмассовых коллекторах внутренние поверхности комплекта пластин не подвергают механической обработке, что значительно снижает трудоемкость изготовления коллекторов и улучшает их качество, снижая вероятность межламельных замыканий из-за затяжек меди.

Процесс изготовления коллекторов на пластмассе включает три основные операции: подготовку деталей, сборку и прессование, обработку и испытания готовых изделий. Собранный обычным способом комплект пластин коллектора вкладывают в сборочное кольцо с плашками и опрессовывают на гидравлическом прессе. Затем комплект нагревают до 160—180°С и вновь опрессовывают в горячем и холодном состоянии.

Опрессовка коллектора пластмассой включает следующие операции: подогрев прессформы и запрессованного в кольцо комплекта пластин коллектора, сборку подогретого кольца и прессформы, опрессовку и выдержку под давлением, снятие коллектора с кольцом из прессформы и термообработку. Термореактивные пресс-материалы под воздействием нагрева и давления проходят три последовательные стадии: расплавление, резиноподобное (резитольное) состояние и стадию отвердевания.

При прессовке крупных коллекторов пластмассой нашли применение специальные прессформы (рис. 56). На столе пресса укреплена плита *1* с матрицей *2*, которая служит основанием нижней части прессформы.

Толкатель *3* соединен с плунжером пресса. Пуансон *6* прикреплен к верхней плите *7* и выполнен в форме кольца. Запорная часть прессформы состоит из крышки *4* и втулки *5*. Крышку к плите крепят шестью шарнирными болтами с гайками, а втулку к выталкивателю — шпилькой. Поверхности деталей прессформы, соприкасающиеся с пресс-материалами (пуансон, матри-

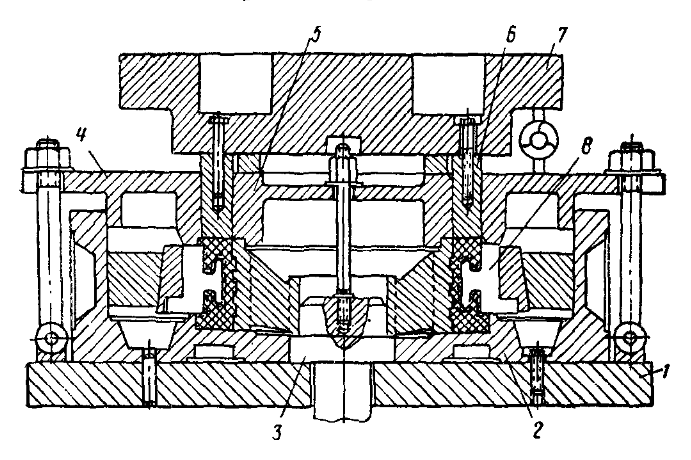


Рис. 56. Прессформа для изготовления коллекторов с пластмассовым корпусом:

1 — плита нижняя; 2 — матрица; 3 — толкатель; 4 — крышка; 5 — втулка; 6 — пуансон; 7 — плита верхняя; 8 — комплект пластин с кольцом

ца и т. п.), должны быть тщательно обработаны. Рекомендуемая чистота этих поверхностей для стеклопластиков типа АГ-4 должна быть равна ▽ 12 по ГОСТ 2789—57. Указанные поверхности хромируют и полируют. Нагревательные элементы размещают в специальных углублениях на матрице и верхней плите прессформы.

Температура обогрева прессформ для массы АГ-4 150—160°С. Эта температура с точностью ±5°С контролируется и автоматически поддерживается терморегуляторами, датчики которых установлены в различных точках прессформы. Автоматическое регулирование температуры прессформы чрезвычайно важно при опрессовке коллекторов, поскольку точное соблюдение тепловых режимов прессования в значительной мере обеспечивает высокое качество изделий.

Перед опрессовкой комплект пластин коллектора, армировочные кольца и прессовочную массу подогревают. В нагретый комплект пластин коллектора закладывают армировочные кольца (там, где они предусмотрены конструкцией). Комплект и втулку коллектора, закрепленную промежуточной технологической втулкой *5* (см. рис. 56), укладывают в прессформу, после чего закрывают и закрепляют крышку прессформы.

Через загрузочное отверстие при поднятом пуансоне в прессформу укладывают скрученную в жгуты массу АГ-4С и опускают пуансон; пластмассу впрессовывают и выдерживают определенное время под давлением. Усилие пресса при опрессовке коллекторов зависит от размеров изделия и величины удельного давления, рекомендуемого для пластмассы АГ-4 в пределах 400—500 *кГ/см*^{2}. Время выдержки определяют в зависимости от максимальной толщины стенок пластмассового корпуса. Для пластмассы АГ-4 оно составляет 1 *мин* на каждый миллиметр изделия в пределах 30—60 *мин*.

По окончании опрессовки коллектор извлекают из прессформы и для повышения механических и диэлектрических свойств 5 *ч* выдерживают при температуре 140—150°С. После термообработки с охлажденного коллектора спрессовывают сборочное кольцо с плашками, и он поступает на зачистку. Места зачистки покрывают бакелитовым лаком и запекают.

Изготовленные коллекторы осматривают. Пластмассовый корпус коллектора не должен иметь недопрессовок, вздутий, рыхлости, раковин, трещин и посторонних включений. Отставание пресс-массы от коллекторных пластин недопустимо. Механическую и электрическую прочность этих коллекторов проверяют на специальных стендах.

Ремонт коллекторов без разборки пластмассового корпуса. При разборке электрических машин на заводе пластмассу коллекторов защищают от механических повреждений и тщательным осмотром выявляют трещины, изломы и другие неисправности. При наличии следов незначительного подгара пластмассы эти места зачищают наждачной бумагой, промывают бензином, покрывают бакелитовым лаком и эмалью 1201 или ГФ-92-ХК.

Коллекторы на стеклопластике, имеющие незначительные следы от перекрытия поверхности электриче-

ской дугой, восстанавливают эпоксидным компаундом. В состав компаунда входят: смола ЭД-5 — 100 весовых частей, метафенилендиамин — 20 частей, кварцевая мука — 300 частей. Поврежденную часть материала коллектора удаляют сверлением, расточкой или шлифовкой. После вскрытия поверхность очищают от пыли, протирают ацетоном или бензином и заделывают эпоксидным компаундом. Этот компаунд готовят непосредственно перед восстановлением деталей, наносят на подготовленную поверхность чистым шпателем и тщатель-

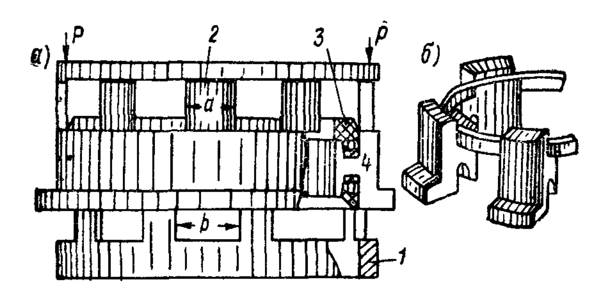


Рис. 57. Распрессовка пластмассового коллектора:
а — коллектор, установленный в оправках перед разъемом комплекта пластин; б — после разъема; 1 — нижняя оправка; 2 — колонка; 3 — армирующие узлы с частью пластмассового корпуса; 4 — коллектор

но уплотняют. Отремонтированные детали выдерживают 24 *ч* при 20°С, а затем 5—6 *ч* при 120°С. Места заделки зачищают, полируют, а затем красят эмалью 1201 или ГФ-92-ХК.

Ремонт коллекторов с разборкой пластмассового корпуса. Корпус коллектора из стеклопластика обычно целый и монолитный, а металлическая арматура в него впрессована. Поэтому при обнаружении ослабления коллекторных пластин, втулки в пластмассовом корпусе, а также признаков замыкания между пластинами и следов пробоя пластмассы коллектор электрической машины ремонтируют с полной разборкой пластмассового корпуса.

Для этого коллектор устанавливают на плиту гидравлического пресса (рис. 57,*а*) и выпрессовывают втулку из корпуса. Затем коллектор зажимают в кулачки патрона токарного станка и, не затрагивая резцом меди пластин, протачивают около петушков кольцевую

канавку шириной 15 *мм*. Спрессовывают пластмассовый корпус на прессе, используя специальные кольца. Рассыпав комплект медных и миканитовых пластин, отделяют каждую медную пластину от миканитовой. Медные пластины для очистки от остатков пластмассы и миканита загружают в печь и нагревают до 170—180°С. Вынув из печи, горячие пластины очищают в специальном барабане в течение 30 *мин*.

Очищенные пластины рихтуют, выправляют петушки, калибруют и сортируют по группам размеров с учетом допусков.

В каждой группе допустимо отклонение от номинального размера *h* не более чем на ±0,5 *мм* (рис. 58). Комплекты медных и миканитовых пластин собирают для запрессовки в кольцо. Перед опрессовкой между плашками и наружной поверхностью комплекта пластин вставляют прокладку *4* толщиной, равной величине проточки медных пластин (см. рис. 58). Остальные операции по подготовке и запрессовке коллекторов пластмассой выполняют так же, как и при изготовлении новых коллекторов.

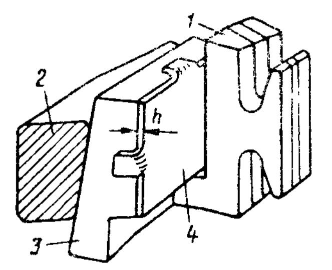


Рис. 58. Сборка коллектора с пластмассовым корпусом:

1 — коллекторные пластины; 2 — сборочное кольцо; 3 — плашка; 4 — прокладка.

Стеклянная пыль и стружка стеклопластика АГ-4 раздражают кожу и вызывают зуд. Поэтому работы с деталями из стеклопластика выполняют только при наличии соответствующих вентиляционных устройств, соблюдая следующие правила личной гигиены: перед началом работы чистые сухие руки смазывают пастой «биологические перчатки» и просушивают на воздухе 5—7 *мин*, рабочая одежда должна иметь длинные рукава и глухой воротник. Нельзя хранить и принимать пищу на рабочих местах; во время работы не следует касаться лица и других открытых частей тела руками, загрязненными стеклянной пылью и эпоксидным компаундом; по окончании работ остатки компаунда смывают с рук спиртоканифольной смесью, после чего моют руки горячей водой с мылом и смазывают глицерином.

25. КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ

После ремонта или изготовления коллекторы подвергают контрольным испытаниям на механическую и электрическую прочность.

Механические испытания коллектора. Для проверки механической прочности коллекторы вращают на специальном станке в нагретом состоянии со скоростью, превышающей максимально допустимую в эксплуатации. Кроме проверки механической прочности, вращение с повышенной скоростью коллекторов, имеющих миканитовые изоляционные конусы, повышает их монолитность и способствует сохранению геометрической формы в эксплуатации. Поэтому такой испытательный режим называют динамическим формованием коллектора.

Под действием центробежных сил, возникающих при вращении, коллекторные пластины опорными поверхностями «ласточкиных хвостов» плотно прилегают к нагретым миканитовым конусам, хорошо обжимают их и вызывают дополнительную усадку миканита. Это позволяет лучше уплотнить коллектор, чем после простого нагревания в печи. Для испытаний или динамического формования коллектор устанавливают на специальном станке, нагревают до 140—150°С и вращают в течение 15 *мин* со скоростью, указанной в чертеже. Коллекторы с диаметром рабочей поверхности более 500 *мм* (двигатели НБ-412, НБ-406, ДПЭ-400 и др.) перед испытаниями статически балансируют.

В практике заводского ремонта тяговых электромашин при полной замене миканитовых конусов новыми коллекторы подвергают двукратному динамическому формованию; при частичной же замене конусов новыми или постановке отремонтированных достаточно одного формования. Коллекторы с пластмассовыми корпусами испытывают при скорости вращения, в два раза превышающей максимально допустимую в эксплуатации.

Станок для испытаний и динамического формования коллекторов (рис. 59) состоит из корпуса *1*, установленного на плите *6*, главного вала *3* для посадки коллекторов, привода *5*, соединенного с электродвигателем постоянного тока. Для посадки коллекторов различных

размеров на главный вал *3* станка устанавливают съемные оправки *2*. Вертикальное расположение главного вала позволяет быстро установить и снять испытуемый коллектор. На внутренней поверхности корпуса станка смонтированы нагревательные элементы *4*, рассчитанные на повышение температуры внутри установки до 150°С.

После нагрева и вращения с испытательной скоростью коллектор устанавливают на пресс и опрессовывают давлением: при первой опрессовке — 30—40% номинального; при второй — 65—70%. Температура коллектора при этом должна быть не ниже 110°С. Коллекторы, формуемые два раза, охлаждают до температуры цеха, подтягивают крепление, вновь нагревают и вращают с установленной скоростью; затем опрессовывают при номинальном давлении и подтягивают крепление в нагретом и холодном состоянии. При однократной формовке коллектор давлением 30—40% номинального не прессуют. Опрессовывая коллектор, следят за его состоянием и не допускают перекоса пластин и нажимной шайбы по отношению коробки коллектора.

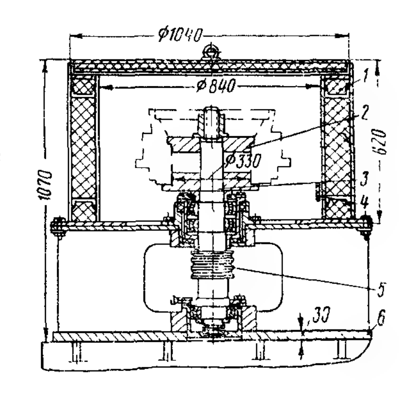


Рис. 59. Станок для испытаний и динамического формования коллекторов

После динамической формовки при приемке коллектора проверяют форму (эллиптичность) рабочей поверхности и состояние выступающих частей миканитовых конусов, на поверхности которых не должно быть морщин и складок. Пластины, болты и гайки коллектора при их обстукивании не должны вибрировать. Запас на подтягивание нажимной шайбы коллектора в процессе последующих технологических операций — нагрева якоря при обмотке, пайке и пропитке — должен быть не менее 3 *мм*. Пластмассовые коллекторы после испытаний считают годными, если не обнаружено приз-

наков их деформации, выползания пластин, биения более 0,03 *мм*, образования трещин, вспучивания и прочих дефектов.

Электрические испытания коллектора. Отремонтированный или вновь изготовленный коллектор испытывают на отсутствие замыканий между смежными коллекторными пластинами и электрическую прочностью изоляции между медью и коробкой коллектора.

Коллекторы испытывают переменным напряжением нормальной частоты (50 *пер/сек*) на специализирован-

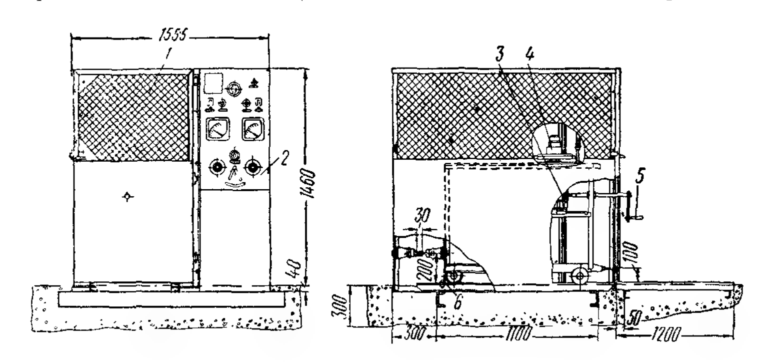


Рис. 60. Стенд для электрических испытаний коллекторов:
1 — камера; 2 — пульт; 3 — тележка; 4 — шпиндель для установки коллектора; 5 — ручка; 6 — упор

ных стендах. Общий вид автоматизированного стенда для электрических испытаний коллекторов представлен на рис. 60. В высоковольтной камере *1* размещено электрическое оборудование, необходимое для получения и регулирования испытательного напряжения, подаваемого к приемным контактам испытательной кабины. На передвижном столе смонтирован механизм для вращения коллектора во время испытаний. Для подачи напряжения на коллектор торцовая сторона стола имеет контакты, соединенные с приемными контактами испытательной кабины.

Испытательное напряжение получают от двух повышающих трансформаторов: типа НОС-0,6 — для испытания изоляции между пластинами и типа НОМ-15 — для испытания на пробой изоляции между пластинами и корпусом. Напряжение регулируют трансформаторами типов РАТ-1 и РАТ-2 соответственно на 600 и 12 000 *в*, контролируя его по вольтметрам.

Для проверки изоляции между соседними пластинами коллектор устанавливают на стол стенда и вкатывают в испытательную кабину. Напряжение к пластинам коллектора подводят через два скользящих контакта, один из которых заземлен. Скорость вращения коллектора во время испытания выбрана так, чтобы напряжение на соседние коллекторные пластины подавалось 2—3 *сек*. Испытательное напряжение выбирают в зависимости от типа коллектора из расчета 50 *в* на 0,1 *мм* толщины миканитовой изоляционной пластины для нового коллектора или отремонтированного с полной заменой межламельной изоляции и 37,5 *в* для коллектора, отремонтированного с частичной заменой или без замены изоляции.

При наличии замыкания между коллекторными пластинами загорается сигнальная лампа и подается звуковой сигнал, а вольтметр показывает резкое снижение напряжения. В этом случае отключают установку, а коллектор передают на устранение неисправностей. Замыкание на наружной части коллектора устраняют при помощи шабера или напильника. При внутреннем замыкании коллектор разбирают и устраняют причину замыкания пластин, при этом нельзя выжигать межламельное замыкание, пропуская между пластинами электрический ток.

Для испытания коллекторов на электрическую прочность изоляции между медью и коробкой коллектора напряжение подводят одновременно ко всем пластинам проволочной спиралью в виде кольца. Корпус коллектора через стол заземляют, а двигатель механизма вращения отключают.

Согласно Правилам ремонта отремонтированный с полной заменой изоляции и вновь изготовленный коллектор испытывают на пробой в течение 1 *мин* напряжением на 40% выше испытательного напряжения для окончательно отремонтированной машины. При частичной замене или сохранении прежней корпусной изоляции испытательное напряжение должно быть на 30% выше максимального напряжения, установленного для окончательных испытаний машины на стенде.

Коллектор считают годным, если в течение всего времени испытания вольтметр не показал резкого снижения напряжения. Резкое снижение измеряемого вольт-

метром напряжения и звуковой сигнал указывают на наличие пробоя изоляции или замыкания пластин на корпус коллектора. В этом случае быстро отключают установку, коллектор разряжают и передают на разборку для устранения неисправности.

26. СБОРКА СЕРДЕЧНИКА ЯКОРЯ И ЗАПРЕССОВКА КОЛЛЕКТОРА

При заводском ремонте сборку сердечника якоря и запрессовку коллектора выполняют в следующем порядке: сначала горячей посадкой насаживают заднюю нажимную шайбу до упора в буртик втулки или вала якоря, запрессовывают пакет стали сердечника и переднюю нажимную шайбу, а затем коллектор. Диаметры частей вала или втулки якоря для посадки задней нажимной шайбы, пакета стали якоря, передней нажимной шайбы и коллектора, как правило, отличаются друг от друга на 1—5 *мм* с постепенным ступенчатым увеличением их соответственно очередности запрессовки перечисленных деталей на вал или втулку. Это обеспечивает сохранность посадочных поверхностей при запрессовке деталей.

Перед сборкой сердечник якоря комплектуют всеми его деталями и проверяют по посадочным местам соответствие натяга сопрягаемых частей установленным нормам. Затем подготавливают вал или втулку якоря с запрессованным валом к сборке сердечника, проверяя соответствующим шаблоном расстояние между торцами вала и втулки и плотно пригоняя шпонку к канавке на валу или втулке якоря. Точная постановка фиксирующей шпонки необходима для правильного положения нажимных шайб и коллектора относительно пазов пакета стали якоря.

Для шихтовки сердечника якоря вал с втулкой (или без втулки) и подогнанной шпонкой устанавливают в вертикальное положение на передвижную подставку пневматического пресса с упором в торец втулки или бурт вала. Нагретую в печи до температуры 180—200°С заднюю нажимную шайбу насаживают на вал или втулку якоря, направляя ее по шпонке до упора или до места на валу, определяемого чертежом яко-

ря. Расстояние от свободного торца вала до торца напрессованной задней нажимной шайбы проверяют шаблоном.

Затем торец шайбы, прилегающий к пакету стали, окрашивают белилами или эмалью, укладывают пакет крайних листов стали в порядке возрастающих диаметров и опрессовывают его до упора в нажимную шайбу. Пневматический пресс весьма удобен для опрессовки якорной стали благодаря простоте устройства и быстроте как прямого, так и обратного хода.

В дальнейшем при сборке пакета стали в два или три паза по окружности вставляют направляющие клинья. Эти пригнанные по ширине паза стальные клинья предохраняют листы от сдвига за счет зазора между ними и шпонкой и от коробления. Клинья должны быть на 0,2 *мм* у́же штампованной ширины паза. При сборке листов стали на вал (или втулку) необходимо следить за совпадением знаков собираемого пакета стали и периодически опрессовывать его.

Листы сердечника обычно опрессовывают частями, так как силы трения отдельных листов стали о втулку и шпонку вместе создают большое усилие, препятствующее хорошей одновременной опрессовке всех листов сердечника. Как правило, сердечники якорей тяговых двигателей с длиной пакета стали более 300 *мм* опрессовывают полным давлением после сборки половины пакета, после чего продолжают сборку второй половины.

Окончательно собранный пакет стали сердечника якоря прессуют на вертикальном гидравлическом прессе П-407 с нижним давлением до 400*Т*. Этот пресс с выдвижной тележкой дополнительно оборудуют приспособлениями для опрессовки сердечников с выступающими концами валов, распрессовки валов, запрессовки коллекторов и т. п. Для удобства при загрузке и разгрузке пресса краном платформа тележки при опускании стола садится на колеса и по направляющим может откатываться в сторону.

Все работы на прессе выполняют с применением оправок, планшайб и других запрессовочных устройств, предназначенных для определенных деталей сердечника и имеющих соответствующие клейма. Запрессовочные устройства выполняют так, чтобы давление передавалось непосредственно на листы без деформации вала

или втулки. Делают их достаточно массивными, чтобы они сами не изгибались при опрессовке. Рабочие торцовые поверхности запрессовочных устройств должны быть правильно обработаны, строго параллельны между собой и перпендикулярны своим осям. Наружный диаметр планшайбы делают на 10 *мм* больше диаметра пакета стали, а внутренний диаметр — на 2—3 *мм* больше осевого отверстия пакета стали.

При опрессовке сердечника якоря усилие равномерно распределяется по всей поверхности, листы пакета стали перемещаются вдоль вала (или втулки) за счет уменьшения зазоров между ними. Давление прессования зависит: от площади поперечного сечения сердечника, длины пакета стали и натяга при посадке листов на вал (или втулку) якоря. Для прессования пакета стали и других деталей сердечников якорей давление выбирают по расчету согласно техническим требованиям и указывают в чертежах. Длину пакета стали якоря при прессовке проверяют с двух противоположных сторон, не снимая давления пресса. В случае необходимости добавляют или изымают несколько листов стали до получения нужного размера, но при этом число листов в пакете должно быть не менее указанного в чертеже.

Перед запрессовкой нажимной шайбы ее торец, прилегающий к пакету стали, окрашивают белилами или эмалью. С помощью захватов и подъемных средств переднюю нажимную шайбу переносят и насаживают на втулку (или вал) вертикально установленного сердечника якоря так, чтобы шпоночная канавка была против шпонки втулки (или вала). Шайбу запрессовывают на гидравлическом прессе.

Практика заводского ремонта тяговых двигателей ДПЭ-340, НБ-411 и ДПЭ-400 показала, что натяг передней нажимной шайбы не всегда сохраняет в эксплуатации необходимое усилие сжатия пакета стали сердечника якоря. Поэтому при ремонте указанных машин ставят дополнительное фиксирующее устройство в виде затяжной гайки, а в конструкции электровозных двигателей НБ-406 и НБ-412 это устройство уже предусмотрено. Затяжную гайку навертывают до упора в торец передней нажимной шайбы, находящейся под давлением запрессовки, и закрепляют.

После запрессовки передней нажимной шайбы проверяют размеры пакета стали и расстояние от торца нажимной шайбы до торца вала якоря со стороны коллектора.

Геометрические размеры и состояние пазов проверяют после сборки сердечника; они должны обеспечивать правильную укладку обмотки без повреждения изоляции

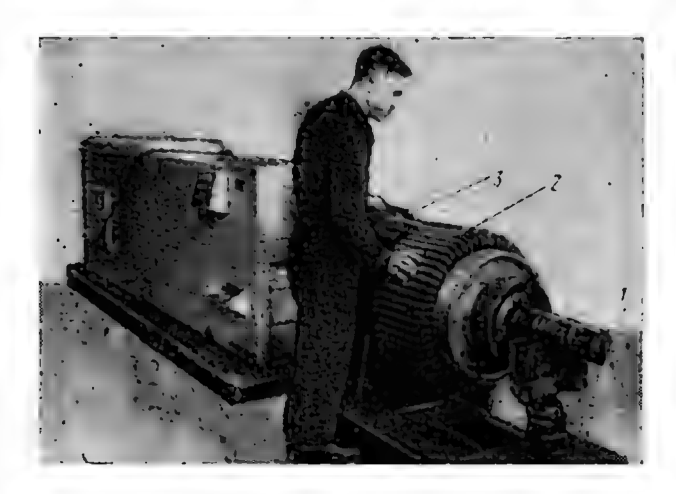


Рис. 61. Калибровка пазов в стали якоря на протяжном станке:
1 — тележка; 2 — протяжка; 3 — упор

секций. Иногда возможно сужение пазов сердечника как следствие не только погрешности штамповки отдельных листов стали, но и отклонений при сборке пакета. Поэтому перед укладкой обмотки пазы пакета сердечника калибруют на протяжном станке (рис. 61) специальным инструментом с режущими зубьями, сечение которых соответствует размерам паза по ширине и углублениям под установку пазовых клиньев.

После запрессовки нажимных шайб вместе с пакетом стали на втулку якоря посадочные поверхности передней нажимной шайбы обрабатывают окончательно под посадку коллектора, а также растачивают и обтачивают посадочные поверхности задней нажимной шайбы, соприкасающиеся с металлическим фланцем (двигатели НБ-411, ДПЭ-100 и ДПЭ-340) или вентилятором (двигатели ДК-103 и ДПИ-150).

Подготовленный для запрессовки коллектора сердечник якоря устанавливают на вертикальный гидравлический пресс. Посадочные поверхности коллектора, втулки якоря, вала или передней нажимной шайбы тщательно смазывают машинным маслом, а поверхности замка коллектора и шайбы окрашивают белилами или эмалью.

При напрессовке коллектора следят за тем, чтобы он устанавливался без перекоса по всему периметру посадочного отверстия коллектора на соответствующую поверхность вала, втулки или передней нажимной шайбы якоря. Если коллектор сел слишком свободно или посадка идет туго, т. е. давление напрессовки не соответствует нормам, запрессовку прекращают, снимают коллектор и проверяют размеры посадочных поверхностей.

Как уже отмечалось, вспомогательные машины имеют много общего с тяговыми двигателями. Это в полной мере относится как к конструкции якорей, так и к технологии сборки сердечников. Некоторые особенности имеет сборка сердечников мотор-генераторов ДК-401 и преобразователей НБ-429. У мотор-генераторов ДК-401 после сборки сердечника двигателя обрабатывают на станке посадочное место его задней нажимной шайбы для посадки с натягом шайбы сердечника генератора. Затем сердечник мотор-генератора устанавливают на специальную подставку так, чтобы он опирался на нажимную шайбу со стороны двигателя, и собирают сердечник генератора в описанном выше порядке.

После запрессовки коллектора на сердечник якоря проверяют шаблонами расстояния от наружных торцов коллекторных пластин до торца вала со стороны коллектора и от пакета стали до торца петушков коллектора. Особое внимание обращают на относительное расположение пазов сердечника и коллекторных пластин (середина паза должна совпадать с серединой одной из коллекторных пластин), что имеет важное значение для правильной укладки обмотки якоря. Кроме того, вал сердечника якоря и коллектор проверяют на станке на биение индикатором. Биение торцов коробки нажимной шайбы коллектора и наружных торцов коллекторных пластин должно быть в пределах соответствующих норм.

VI

ОБМОТКА ЯКОРЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

27. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБМОТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Под процессом обмотки якорей тяговых двигателей и вспомогательных машин подразумевают выполнение целого комплекса технологических операций, начиная от подготовки сердечника якоря под укладку катушек и кончая сдачей готового якоря на участок сборки электрических машин.

В обмоточном отделении электромашинного цеха выполняют следующие основные работы: изолирование нажимных шайб сердечника якоря, укладку уравнительных соединений и обмотки якоря, осадку секций в пазах железа якоря, сварку задних лобовых соединений полукатушек разрезных обмоток электровозных тяговых двигателей, пайку петушков коллектора, крепление обмоток бандажами и текстолитовыми клиньями, токарную обработку шеек вала и коллектора, балансировку и отделку якоря.

Для выполнения этих операций обмоточное отделение оснащают необходимым металлорежущим оборудованием, разнообразной технологической оснасткой, приспособлениями и инструментом. Оборудование обмоточного отделения целесообразно группировать и устанавливать на отдельных производственных участках в зависимости от характера выполняемых работ. Относительное расположение оборудования и производственных участков обмоточного отделения должно строго соответствовать технологической последовательности выполнения отдельных операций и обеспечивать поточность производства. При планировке обмоточного отде-

ления нельзя располагать металлорежущее или специальное оборудование, при работе которого выделяются металлическая стружка, пыль или другие загрязнители, вблизи рабочих мест по укладке и закреплению секций. Такое оборудование размещают на значительном расстоянии от изолировочно-обмоточных работ, так как попадание токопроводящих частиц в обмотку якоря может привести к межвитковому замыканию, повреждению и пробою изоляции. На рабочих местах обмоточного отделения тщательно поддерживают чистоту. Верстаки и стеллажи для хранения якорных катушек обшивают сверху текстолитом, фиброй или другим гладким и легко моющимся материалом.

Якоря ремонтируемых электрических машин хранят на специальных стеллажах или подставках, обитых листовой резиной. Весь инструмент, а особенно инструмент слесарей-обмотчиков, содержат в хорошем состоянии, без заусенцев, выбоин, вмятин и других дефектов. Во избежание повреждений изоляции при укладке катушек в пазы якоря на концы ручек молотков должны быть насажены специальные резиновые наконечники.

В электромашинном цехе обмоточное отделение располагают в непосредственной территориальной близости с пропиточно-сушильным отделением и пролетом сборки тяговых двигателей и вспомогательных машин, так как по характеру работ они тесно связаны между собой.

28. ПОДГОТОВКА СЕРДЕЧНИКА ЯКОРЯ ПОД УКЛАДКУ ОБМОТКИ

После выполнения полного объема механического ремонта сердечник якоря с напрессованным коллектором поступает в обмоточное отделение. Перед укладкой обмотки сердечник осматривает и принимает контрольный мастер ОТК. Поверхности зубцового слоя железа якоря, передней и задней нажимных шайб, металлического фланца и других деталей должны быть ровными и чистыми, без окалины, ржавчины и каких-либо повреждений. Прямоугольные пазы для укладки секций и пазы в форме «ласточкина хвоста» для установки текстолитовых клиньев предварительно калибруют специальными протяжками, а заусенцы снимают напильни-

ком и наждачной бумагой. Пакет стали якоря должен быть монолитным, при остукивании молотком не должно возникать вибрации и дребезжания отдельных листов. Крайние опорные листы пакета стали должны плотно прилегать друг к другу, не иметь расслоений, распушений и относительных сдвигов по окружности.

Шлицы в петушках коллектора должны быть равномерно пролужены, не иметь подтеков припоя, подгаров и других дефектов.

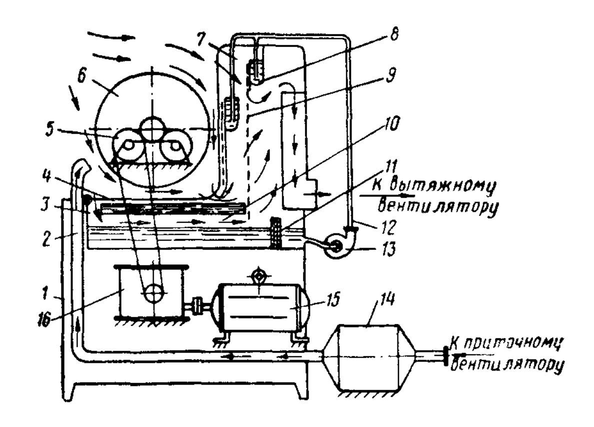


Рис. 62. Схема установки для окраски и сушки якорей с системой гидрозащиты:

1 — камера; 2 — патрубок подачи подогретого воздуха; 3 — передняя вытяжная щель; 4 — нижняя вытяжная щель; 5 — роликовые опоры; 6 — окрашиваемый якорь; 7 — верхняя вытяжная щель; 8 — емкости, 9 — водосливы, осаждающие краску; 10 — отстойник с водой; 11 — фильтр, 12 — трубопроводы; 13 — насос; 14 — калорифер; 15 — электродвигатель 0,6 квт; 16 — редуктор

Изолирование сердечника якоря тягового двигателя для укладки уравнительных соединений. Перед изолированием сердечник якоря окрашивают двумя слоями битумно-масляного лака марки БТ-99, используя для этого пульверизатор. Второй слой лака наносят после полного высыхания первого. Окрашивают всю поверхность сердечника якоря, за исключением вала и коллектора. На рис. 62 приведена схема установки для окраски сердечников якорей с системой гидрозащиты. Установка состоит из камеры, двух роликовых опор с электроприводом для вращения сердечника якоря при окраске, при-

точно-вытяжной вентиляции и электрического калорифера, предназначенного для ускорения сушки путем обдува окрашенного сердечника воздухом, подогретым до температуры 60—70°С. При окраске пульверизатором включают только вытяжную систему вентиляции, а в процессе сушки окрашенного сердечника якоря должна работать как вытяжная, так и приточная вентиляция. Окрашенный сердечник передают на рабочее место обмотчика для изолирования.

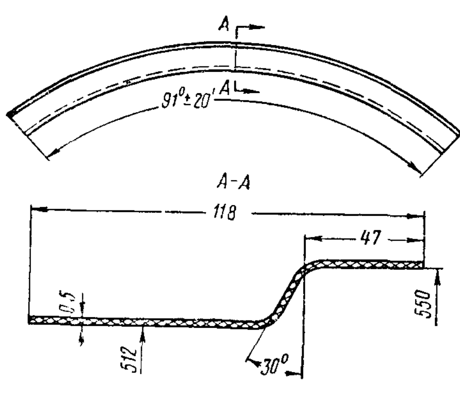


Рис. 63. Прессованные миканитовые прокладки для изолирования обмоткодержателя якоря НБ-412 со стороны коллектора

Перед укладкой изоляции миканитовый конус коллектора выравнивают заподлицо с поверхностью коллекторной втулки, прилегающей к железу якоря, заполняя неровности стеклянной лентой толщиной 0,2 *мм* и шириной 20—25 *мм*. Витки стеклоленты укладывают с натяжением 10 *кГ*, промазывая каждый слой ленты клеящим глифталевым лаком с удельным весом 0,86—0,98. Затем цилиндрическую поверхность передней лобовой части сердечника якоря изолируют по всей длине специальными миканитовыми прокладками толщиной 0,5 *мм* каждая. Эти прокладки изготавливают из формовочного миканита ФФГА прессованием в специальных прессформах. Форма и размеры миканитовых прокладок якоря тягового двигателя НБ-412М показаны на рис. 63. Четыре слоя изоляционных прокладок укладывают на лобовую часть якоря встык. Для повышения электрической прочности изоляции стыки между миканитовыми

прокладками каждого последующего слоя смещают на 15° по окружности относительно предыдущего слоя.

Изделия из формовочного миканита — твердые и хрупкие, поэтому для придания эластичности изоляционные прокладки перед укладкой нагревают до температуры 50—60°С. Укладывая изоляцию, каждый слой миканитовых прокладок крепят несколькими витками стеклянной ленты, наматывая ее вразбежку. Для склеивания и придания монолитности изоляции поверхность

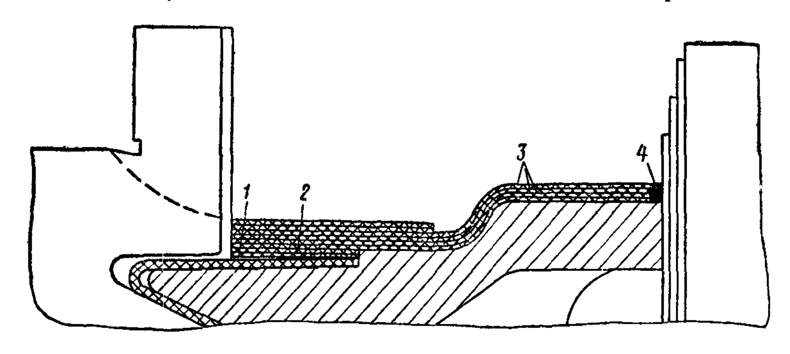


Рис. 64. Изолирование передней лобовой части якоря двигателя НБ-412 перед укладкой уравнительных соединений:

1 — стеклолента 0,2×25 мм; 2 — гибкий миканит ГФС-20,5 мм, 6 слоев; 3 — прессованные прокладки из формовочного миканита ФФГА 0,5 мм в четыре слоя; 4 — наполнитель из стеклоленты

каждого слоя тщательно промазывают глифталевым лаком. Уложенная изоляция (рис. 64) должна быть ровной и гладкой; поверхность не должна иметь морщин, складок, смещений и задиров.

Разметка якоря. Перед укладкой уравнителей размечают сердечник якоря и коллектор. Для этого с помощью специального шаблона находят такой паз, середина которого лежит на одной линии с миканитовой пластиной коллектора. Отклонение от симметричного положения миканитовой пластины относительно паза допустимо не более 1 *мм* в каждую сторону. Найденный паз сердечника якоря маркируют первым, а медную коллекторную пластину, находящуюся слева (если смотреть на якорь со стороны коллектора) от средней линии паза, — пластиной № 1. Дальнейшую разметку якоря для укладки обмотки выполняют в соответствии с его

чертежом и обмоточными данными, ведя отсчет пазов и медных коллекторных пластин против часовой стрелки, т. е. слева от первого паза будет паз № 2, затем паз № 3 и т. д.

В зависимости от типа, мощности и назначения тяговые двигатели имеют разные электрические параметры и, следовательно, различные обмоточные данные, поэтому шаг по пазам и шаг по коллектору у разных двигателей различен. В табл. 14 приведены некоторые основные данные якорей тяговых двигателей электроподвижного состава и тепловозов.

Наименование показателя	Тип тягового		
	НВ-412М	НБ-406Б	ДПЭ-400, НВ-411
Количество пазов	75	58	57
Количество коллекторных пластин	525	406	285
Количество уравнительных соединений	75	58	—
Шаг по пазам	1—13	1—15	1—16
» по коллектору	1—2	1—2	1—143
» уравнителей по коллектору	1—176	1—204	—

В параллельной (петлевой) обмотке якоря шаг по коллектору всегда равен единице, т. е. Ук-1. Для выравнивания электродвижущей силы в отдельных параллельных цепях петлевой обмотки якоря на каждый паз сердечника укладывают один или два уравнителя, соединяющих между собой проводники якорных обмоток, находящиеся под одноименными полюсами и одинаковым электрическим потенциалом.

Шаг уравнительных соединений по коллектору

$$y_у = \frac{K}{p},$$

где K — число коллекторных пластин;

p — число пар полюсов.

В последовательной (волновой) обмотке якоря шаг по коллектору

$$y_к = \frac{K-1}{p}.$$

Шаг по коллектору должен быть всегда равен целому числу, поэтому в четырехполюсных тяговых двига-

телях ($p=2$) количество коллекторных пластин при волновой обмотке нечетное. Например, у тягового двигателя типа ДК-106 коллектор имеет 329 пластин, а число пар полюсов равно двум. Следовательно, шаг по коллектору составит

$$y_к = \frac{K-1}{p} = \frac{329-1}{2} = 164.$$

Часто шаг обмотки по пазам или коллектору обозначают не одним числом, а двумя числами, написанными через тире, т. е. вместо 164 пишут 1—165, вместо 150 обозначают 1—151 и т. д. В этом случае двойные чис-

Таблица 14

двигателя

ТАО-649	АЛ-4846	ДК-106, УРТ-110	ДК-103Г	ЭДТ-200
87	87	47	43	50
261	522	329	301	150
132	174	—	—	50
1—15	1—15	1—12	1—11	1—13
1—2	1—2	1—165	1—151	1—2
1—88	1—175	—	—	1—76

ла обозначают шаг по коллектору, выраженный номерами коллекторных пластин (см. табл. 14), с которыми соединяют соответствующие проводники катушек якорных обмоток. Таким же образом принято обозначать и шаг обмотки по пазам сердечника якоря.

При укладке обмотки пользуются и величиной шага по пазам, и нумерацией пазов. Если нижнюю сторону катушки укладывают в паз № 1, то к этому пазу прибавляют число, выражающее шаг обмотки по пазам, и получают номер паза, в который должна быть вложена верхняя сторона укладываемой катушки якоря. Например, у тягового двигателя НБ-412М шаг обмотки по пазам 12. Если нижнюю часть катушки заложили в паз № 1, то верхняя часть катушки должна быть вложена в паз № 13, так как $1+12=13$; если нижнюю сторону следующей катушки заложили в паз № 2, то верхняя должна быть вложена в паз № 14 и т. д. Величину ша-

га по пазам для волновой и петлевой обмоток якоря определяют по формуле

$$y_z = \frac{Z}{2p},$$

где Z — число пазов якоря.
2p — число полюсов двигателя.

Часто число пазов не делится без остатка на число полюсов и шаг по пазам получается дробным выражением. В таких случаях за шаг обмотки по пазам принимают ближайшее целое число. Например, у двигателя НБ-412 число пазов Z=75; 2p=6. Получаем

$$y_z = \frac{Z}{2p} = \frac{75}{6} = 12,5.$$

Шаг по пазам в этом случае 12.

Укладка уравнительных соединений. После окончательной разметки сердечиика якоря на изолированную поверхность передней лобовой части укладывают уравнительные соединения. Для якоря тягового двигателя типа НБ-412М шаг уравнительных соединений по коллектору равен 175 или при отсчете пластин 1—176. Это означает, что уравнительный провод одним концом должен быть закреплен в коллекторной пластине № 1, другим — в коллекторной пластине № 176.

При укладке уравнительных проводников сначала закрепляют в шлицах коллекторных пластин только их нижние полувитки. Затем электроизоляционной пастой ПХ-1 заполняют зазоры около петушков коллектора, образовавшиеся между прямолинейными концами проводников. После этого закладывают изоляцию между верхними и нижними полувитками уравнительных проводов, для чего применяют полоски гибкого миканита марки ГФС-2 толщиной 0,5 *мм*, укладывая их в четыре слоя и промазывая каждый слой клеящим глифталевым лаком.

Далее с установленным шагом по коллектору в шлицы соответствующих пластин поочередно укладывают верхние полувитки уравнительных проводов. Концы проводников в шлицах коллекторных пластин осаживают при помощи специальной стальной подбойки и молотка. Затем сердечник якоря подогревают до температуры 80—90°С и устанавливают на бандажировочный станок, где уплотняют изоляцию уравнительной обмотки стальной проволокой диаметром 1,5—2 *мм*, которую на-

матывают на предварительно проложенные прессшпановые прокладки общей толщиной 3—3,5 *мм* с усилием 70—80 *кГ*.

После осадки уравнителей и остывания сердечника якоря испытывают изоляцию обмотки высоким напряжением в течение 1 *мин*. Величину испытательного напряжения строго контролируют приборами.

Если изоляция уравнительных соединений выдержала контрольные испытания на электрическую прочность, то после снятия осадочной проволоки уравнители закрепляют бандажом из стеклобандажной ленты марки ЛСБ-F шириной 15—20 *мм* и толщиной 0,1—0,2 *мм*, пропитанной в полиэфироэпоксидном лаке марки ПЭ-933. Крепить обмотку стальной бандажной проволокой диаметром 1,2 *мм* нежелательно, так как стальная проволока снижает электрическую прочность межслойной изоляции обмотки якоря.

Бандаж из стеклянной ленты обеспечивает не только хорошее механическое крепление уравнителей, но и усиливает электрическую прочность изоляции лобовой части якоря, так как стеклобандажная лента является изоляцией класса F. Такой бандаж повышает надежность работы якоря в эксплуатации. Стеклобандажную ленту наматывают на бандажировочном станке с усилием натяжения 70—80 *кГ*, укладывая в полуперекрышу 80—100 витков на якорь.

29. ИЗОЛИРОВАНИЕ СЕРДЕЧНИКА ЯКОРЯ ПЕРЕД УКЛАДКОЙ КАТУШЕК

Перед укладкой обмотки изолируют переднюю и заднюю лобовые части сердечника якоря. Если якорь имеет петлевую обмотку, межслойную изоляцию укладывают на стеклобандаж уравнительных соединений (рис. 65). Кольцевую канавку, образовавшуюся между головками уравнителей и ранее уложенной изоляцией, а также все неровности лобовой части сердечника якоря предварительно выравнивают, заполняя их стеклянной лентой. Наматывая стеклоленту, каждый ее слой промазывают глифталевым лаком.

При подготовке сердечника якоря для укладки волновой обмотки, например тягового двигателя НБ-411,

щель в месте стыка нажимной шайбы якоря и конуса коллектора сначала заполняют шнуром марки ПК диаметром 2 *мм*, затем выравнивают заподлицо стеклолентой. Далее на лобовые части обмоткодержателя укладывают изоляцию из полос гибкого миканита марки ГФС-2 толщиной 0,5 *мм* в несколько слоев. Каждый слой миканита тщательно промазывают глифталевым лаком и закрепляют несколькими витками стеклянной ленты.

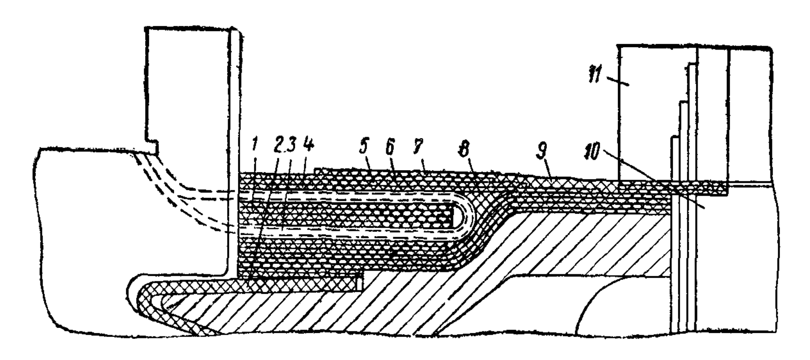


Рис. 65. Изолирование обмотки уравнительных соединений якоря тягового двигателя НБ-412:

1 — полосы миканитовые 0,5х100х510 мм, 4 слоя; 2 — коллекторная манжета; 3 — уравнитель; 4 — миканит ГФС-2 0,05х100х510 мм, 2 слоя; 5 — миканит 0,5х50х х510 мм, 1 слой; 6 — миканит 0,5х80х510 мм, 2 слоя; 7 — бандаж из стеклобандажной ленты ЛСБ-F, 60 витков; 8, 9 — заполнители из стеклоленты; 10 — пакет стали якоря; 11 — изоляционная скоба

На уравнительные соединения, например якоря тягового двигателя типа НБ-412, укладывают шесть слоев миканитовых полос длиной 510 *мм* и шириной от 50 до 100 *мм*, получая общую толщину межслойной изоляции 3 *мм*. Миканит укладывают так, чтобы уровень изоляции после ее осадки был на 1—1,5 *мм* выше донышка шлицев коллектора и дна пазов сердечника якоря. Выполнение этого требования предотвратит возможность изгиба проводников обмотки якоря при последующей их осадке и бандажировке. Лобовую часть сердечника якоря со стороны, противоположной коллектору, изолируют также миканитовыми полосками толщиной 0,5 *мм*, но укладывают их длинной стороной не по окружности обмоткодержателя, а вдоль его оси внахлестку. Для

изолирования, например, нажимной шайбы якоря тягового двигателя НБ-412 расходуют 126 полос миканита размером 0,5×65×160 *мм* и 63 полосы размером 0,5×65×270 *мм*. Полосы миканита укладывают так, чтобы была создана надежная изоляция не только между обмоткой якоря и цилиндрической поверхностью шайбы, но и между головками катушек обмотки и буртом шайбы якоря.

После наложения изоляции на лобовые части сердечника якоря ее опрессовывают, наматывая стальную проволоку диаметром 2 *мм* на бандажировочном станке или стягивая специальными хомутами. В некоторых случаях обмоткодержатели якорей тяговых двигателей изолируют только формовочным миканитом или формовочным и гибким. Например, переднюю нажимную шайбу сердечника якоря двигателя ДК-103Г изолируют формовочным миканитом марки ФФГА, а шайбу со стороны, противоположной коллектору, — гибким миканитом марки ГФС-2. Обмоткодержатели якорей типа НБ-411 и ДПЭ-400 с обеих сторон изолируют формовочным миканитом. Механические свойства гибкого и формовочного миканитов сильно отличаются друг от друга. Оба миканита изготавливают из щипаной слюды флогопит или мусковит, но в качестве связующих применяют разные клеящие лаки, которые и придают миканитам разные свойства.

Гибкий миканит изготавливают на битумно-масляном или глифтале-масляном лаке, поэтому он обладает эластичностью и сохраняет гибкость при комнатной температуре. При изготовлении формовочного миканита в качестве связующего используют глифталевые или шеллачные лаки, поэтому при комнатной температуре он тверд и хрупок, а при нагревании приобретает эластичность и может менять свою форму. В связи с этим технология изолирования обмоткодержателей якорей тяговых двигателей зависит от применяемого для этой цели миканита. При использовании гибкого миканита сердечник якоря изолируют при температуре окружающей среды. Если же применяют формовочный миканит, то сердечник якоря и миканит предварительно нагревают до температуры 70—80°С. Изоляцию, уложенную из гибкого миканита, опрессовывают в холодном состоянии, а изоляцию из формовочного миканита — в горя-

чем состоянии. Сердечник якоря, изолированный формовочным миканитом, после осадки на 5—6 *ч* помещают в сушильную печь с температурой 120—135°С для запекания изоляции.

В отличие от гибкого миканита слой изоляции обмоткодержателя из формовочного миканита обладает твердой поверхностью и монолитностью. Для изолирования сердечника якоря формовочным миканитом можно использовать полоски, нарезанные из листа, укладывая их таким же способом, как и полоски гибкого миканита. Но для удобства работы и сокращения времени на изолирование применяют специальные миканитовые полуцилиндры, предварительно изготовленные в пресс-формах.

При укладке изоляции каждый слой миканита промазывают глифталевым лаком и крепят стеклолентой. После выпечки изоляции поверхность ее зачищают от складок, неровностей, наплывов и задиров.

Изолирование обмоткодержателей вспомогательных машин. Температура нагрева обмоток вспомогательных машин в эксплуатации значительно ниже, чем тяговых двигателей, поэтому для изоляции обмоток этих машин используют в основном изоляционные материалы класса А (электрокартон, хлопчатобумажные ленты, лакоткани и др.). Технология изолирования сердечников якорей вспомогательных машин и сердечников тяговых двигателей перед укладкой обмоток отличается незначительно. Перед наложением изоляции пропитанным в лаке шнуром марки ПК уплотняют щель между втулкой коллектора и нажимной шайбой якоря (вспомогательные машины НБ-429, НБ-430, НБ-431 и др.), затем лобовые части якоря выравнивают киперной или тафтяной лентой толщиной 0,2—0,4 *мм* и шириной 25—30 *мм*. После выравнивания обмоткодержателей укладывают по профилю якорной катушки несколько слоев электрокартона марки ЭВ толщиной 0,3—0,5 *мм*, поверх которого наматывают один слой в полуперекрышу киперной ленты, а затем такой же слой ленты из хлопчатобумажной лакоткани марки ЛХС толщиной 0,2 *мм* и шириной 20 *мм* (рис. 66).

Уровень изоляции должен совпадать с плоскостью дна пазов, а около коллектора должен быть на 1—1,5 *мм* выше дна шлицев коллекторных пластин.

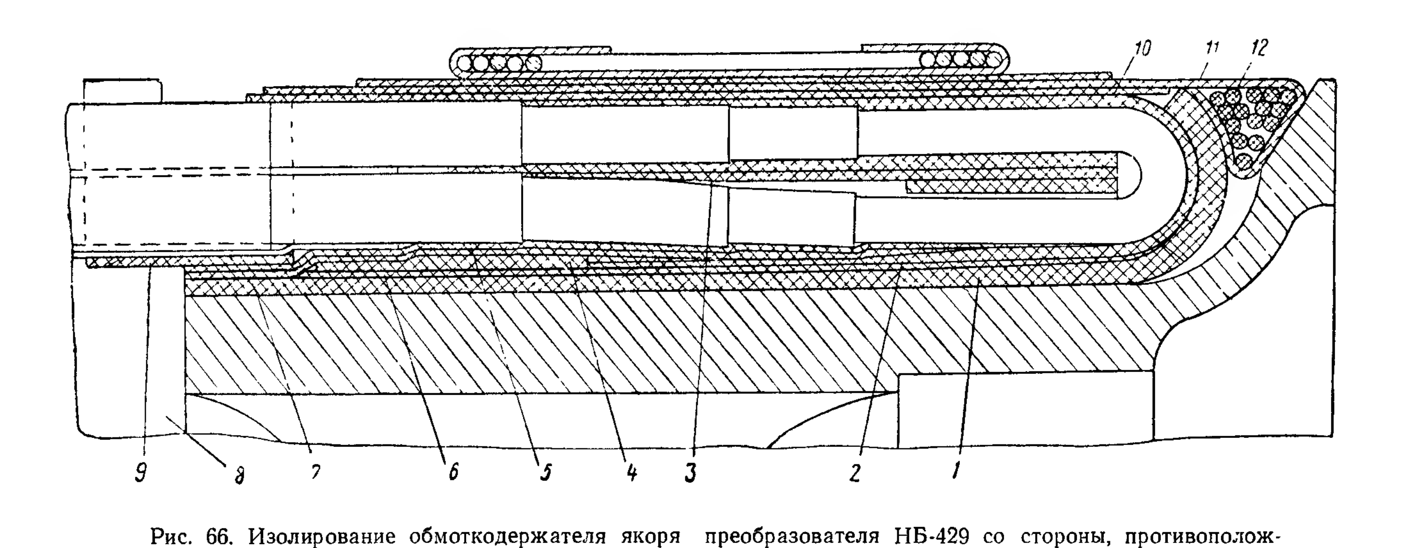


Рис. 66. Изолирование обмоткодержателя якоря преобразователя НБ-429 со стороны, противоположной коллектору:

1, 4 — электрокартон; **2, 7** — лакоткань хлопчатобумажная; **3** — межслойная изоляция; **5, 6** — лента тафтяная; **8** — пакет стали якоря; **9** — изоляционная скобочка; **10** — подбандажная изоляция; **11** — чехол полотняный; **12** — шнур уплотняющий

Для изолирования обмоткодержателей применяют электрокартон, предварительно пропитанный в нерафинированном льняном масле, а киперную и тафтяную ленты — в лаке № 447. При наложении изоляции каждый ее слой промазывают клеящим лаком марки БТ-99 и скрепляют несколькими витками тафтяной ленты, укладывая их вразбежку. Некоторые заводы для изолирования обмоткодержателей вспомогательных машин вместо хлопчатобумажной лакоткани ЛХС используют эскапоновую стеклолакоткань марки ЛСЭ как более дешевый электроизоляционный материал, обладающий высокой электрической прочностью и большей эластичностью лаковой пленки.

30. УКЛАДКА КАТУШЕК ОБМОТОК ЯКОРЕЙ

Для укладки катушек сердечник якоря устанавливают на специальное поворотное приспособление, которое обеспечивает его вращение в обе стороны и фиксацию в любом положении. Поворотное приспособление (рис. 67) состоит из двух стоек с роликовыми опорами,

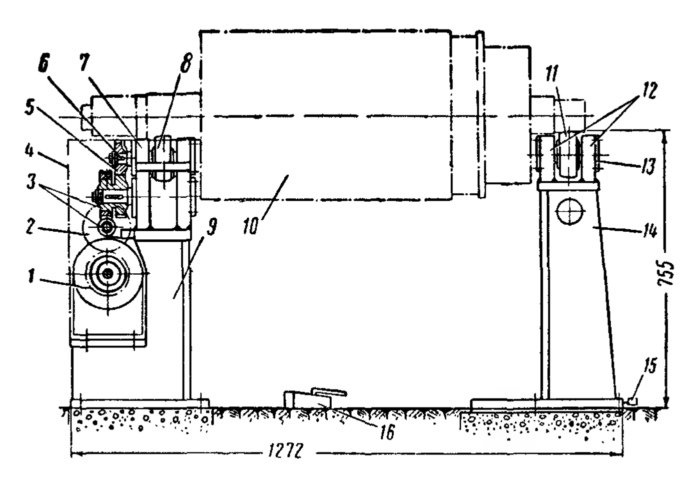


Рис. 67. Приспособление для поворота якоря электрической машины:
1 — электродвигатель; 2, 5 — цилиндрические шестерни; 3 — червячная пара; 4 — кожух; 6 — валик опорного ролика; 7, 12 — корпуса подшипников; 8 — опорный ролик ведущий; 9 — передняя стойка; 10 — якорь; 11 — опорный ролик ведомый; 13 — крышка; 14 — задняя стойка; 15 — червячный винт; 16 — ножная педаль управления

червячного редуктора, электродвигателя мощностью 0,5 *квт* и педали управления. Для предохранения шеек вала от повреждения роликовыми опорами и сцепления якоря с редуктором электропривода на оба его конца предварительно надевают специальные оправки, одна из которых имеет цилиндрическую шестерню. Эти оправки фиксируют якорь относительно роликовых опор, предотвращая его сползание в осевом направлении. Привод вращения якоря включают с помощью кнопок, смонтированных в специальной коробке и соединенных для удобства управления с двумя ножными педалями. Скорость вращения якоря не более 3—4 *об/мин*.

Во избежание изгиба концов катушек или образования пустот в петушках коллектора в каждый шлиц коллекторной пластины, соединенной с уравнителем, вставляют медный луженый клин и осаживают его специальной стальной подбойкой. С этой же целью перед укладкой обмотки концы проводников нижнего слоя катушек срезают под углом или по радиусу (по профилю дна шлицев коллекторных пластин). Для получения одинакового среза концов катушек используют пневматическое приспособление (рис. 68), снабженное специальным нижним резцом, имеющим форму гребенки, в пазы которого вставляют концы проводников. При

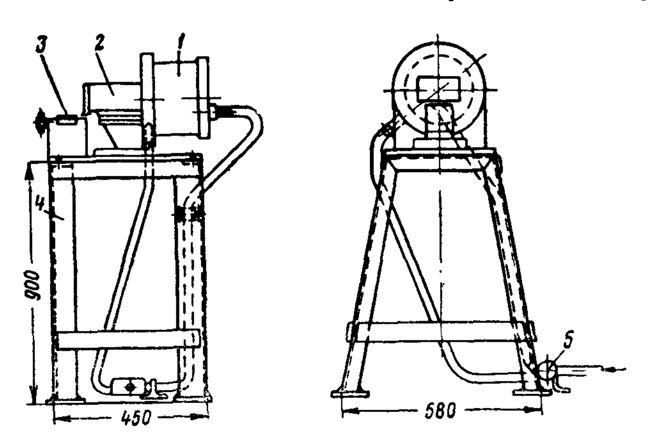


Рис. 68. Пневматическое приспособление для обрезки концов проводников якорных катушек тяговых двигателей:

1 — цилиндр; 2 — ползун; 3 — нож в форме гребенки; 4 — стол; 5 — ножной кран управления

включении пневматического привода верхний резец приспособления перемещается по профильной поверхности гребенки и одним движением срезает все концы проводников якорной катушки.

Перед укладкой якорные катушки помещают в электрическую печь и для придания эластичности изоляции нагревают до температуры 60—70°С. Затем пазовую часть нагретых катушек натирают парафином, а луженые концы проводников окунают в канифольный флюс. Подготовленные катушки укладывают в пазы сердечника якоря, соблюдая шаги по пазам и коллектору.

При укладке катушек на дно каждого паза закладывают полоску прокладочного миканита толщиной 0,5 *мм*, ширина и длина которой должны соответствовать размерам паза. Кроме того, для усиления электрической прочности изоляции катушек в расширенные концы пазов железа якоря закладывают U-образные изоляционные скобочки, состоящие из одного слоя пропитанного электрокартона и одного слоя гибкого миканита марки ГФС-2. Толщина каждого слоя составляет 0,5 *мм*.

Технология укладки обмоток якорей тяговых двигателей различных типов в основном одинакова. Некоторое отличие имеет укладка неразрезных и разрезных обмоток.

Укладка неразрезных обмоток якорей. Неразрезную якорную обмотку имеет большинство типов тяговых двигателей и все вспомогательные машины.

В качестве примера рассмотрим процесс укладки неразрезной обмотки якоря тягового двигателя НБ-412. Сердечник якоря имеет 75 пазов и 525 коллекторных пластин. Согласно обмоточным данным шаг по пазам якоря равен 1—13, шаг по коллектору 1—2. Катушка обмотки якоря состоит из двух слоев и имеет в каждом слое по семи изолированных друг от друга проводников сечением 1×7,4 *мм*. При укладке обмотки с каждой коллекторной пластиной соединяют по 4 проводника — по два из нижнего и верхнего слоев. Перед укладкой катушек размечают сердечник якоря, определяя и маркируя номера пазов и коллекторных пластин.

Катушки укладывают в следующем порядке. В паз № 1 помещают одну (нижнюю) часть катушки и легкими ударами молотка через специальную подбойку

опускают ее на дно. Фибровая или текстолитовая подбойка для осадки секций должна входить в паз с небольшим зазором 0,8—1,2 *мм,* а ее длина должна составлять не менее половины длины пазовой части катушки. Вторую (верхнюю) сторону этой катушки временно не вкладывают в паз № 13, так как в этот паз будет уложена нижняя сторона другой катушки. Затем укладывают в паз № 2 нижнюю часть второй катушки, в паз № 3 — третьей и т. д., заполняя обмоткой нижние половины пазов. Укладывая катушки, следят за тем, чтобы расстояния между крайними листами железа якоря и изгибами катушек при переходах пазовых частей в лобовые были одинаковыми с обеих сторон якоря (у якоря НБ-412 этот размер равен 28 *мм*). Катушки должны входить в пазы сердечника якоря не слишком туго, но и не свободно, чтобы при укладке и осадке обмоток они не деформировались в пазу. При опускании катушки в паз сначала ее легко остукивают рукояткой молотка со специальным резиновым наконечником, а затем, когда стержень катушки войдет в паз на всю свою высоту, используют текстолитовую подбойку.

Лобовые части катушек выравнивают подбойкой, изготовленной из твердых пород дерева, уплотняя и подгоняя их друг к другу по всей окружности якоря. Катушки опускают в пазы равномерно по всей длине, не деформируя их и не повреждая изоляции. Особо аккуратно нужно укладывать катушки, верхняя изоляция которых состоит из стеклоленты, так как она очень чувствительна к ударам и быстро разрушается при небрежном обращении с ней.

Одновременно с укладкой обмотки концы проводников катушек вставляют в шлицы соответствующих коллекторных пластин. Особенно внимательно вставляют проводники первой катушки, нижняя сторона которой уложена в паз № 1, так как в случае несоблюдения шага по коллектору ошибку обычно обнаруживают по окончании укладки обмотки. В шлицы пластин концы проводников вставляют при помощи плоскогубцев, выдерживая расстояние от торцов петушков коллектора до мест перегиба проводников 10—12 *мм.* В якоре двигателя НБ-412М концы проводников нижней части катушки № 1 соединяют с коллекторными пластинами № 39, 40, 41, 42, 43,

44 и 45, проводники верхней стороны этой катушки — с пластинами № 40, 41, 42, 43, 44, 45 и 46, а нижнюю и верхнюю части катушки № 2 — соответственно с пластинами № 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 и № 47, 48, 49 и т. д. На рис. 69 приведены схемы соединения обмоток с коллекторными пластинами якорей тяговых двигателей НБ-412М и НБ-406.

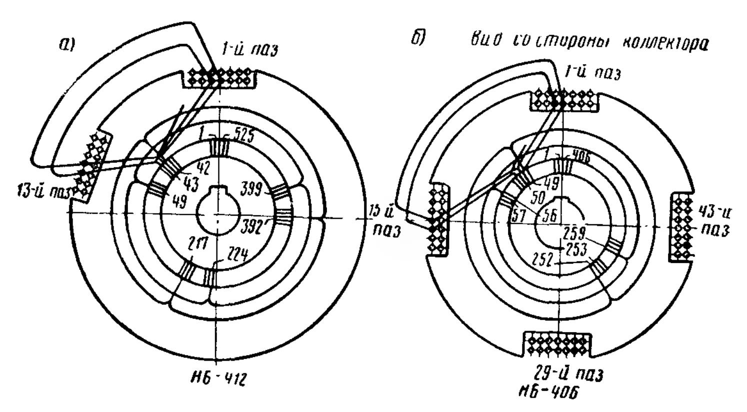


Рис. 69. Схема соединения катушек якоря и уравнителей с коллекторными пластинами тягового двигателя:
а — НБ-412М; б — НБ-406

При укладке якорных катушек нижний и верхний слои обмотки изолируют между собой гибким миканитом ГФС-2. В пазовую часть якоря НБ-412М ставят миканитовую прокладку размером 0,5×12×470 *мм*. После укладки нижнего слоя обмотки в шлицы петушков коллектора вставляют луженые медные клинья. Толщина клина равна толщине проводника катушки, длина на 8—10 *мм* больше длины петушка коллекторной пластины, а высота соответствует толщине межслойной изоляции и изоляции катушки.

Укладывая катушки, следят за качеством полуды концов проводников, которые должны быть покрыты ровным слоем оловянистого припоя без подтеков и черновин.

Укладка разрезных обмоток якорей. У разрезных обмоток верхнюю и нижнюю полукатушки изготавливают раздельно, что облегчает выполнение транспозиро-

ванных проводников. Основная особенность сборки разрезной обмотки якоря состоит в том, что после окончательной укладки полукатушек в пазы проводники нижнего и верхнего слоев обмотки со стороны, противоположной коллектору, соединяют между собой специальными скобочками.

Перед укладкой в якорь полукатушки, так же как и катушки неразрезной обмотки, нагревают в печи до температуры 70—80°С. Затем на сердечник якоря со стороны, противоположной коллектору, устанавливают временно миканитовый и стальной фланцы и укладывают нижний и верхний слои обмотки в таком же порядке, как и неразрезные катушки.

31. ОСАДКА ОБМОТКИ ЯКОРЯ И ПАЙКА КОЛЛЕКТОРА

Осадка якорной обмотки. Перед наложением постоянных бандажей на обмотку пазовые и лобовые части катушек якоря уплотняют осадкой. Существуют два способа осадки обмоток: проволочный и беспроволочный. При первом способе осадку катушек выполняют на специальном бандажировочном станке, многократно наматывая на обмотку якоря стальную проволоку диаметром 2—3 *мм* с усилием натяжения от 100 до 450 *кГ* (в зависимости от типа электрической машины). При втором способе якорную обмотку уплотняют на специальной пневматической установке.

Многократная осадка обмотки. Раньше применяли однократную осадку обмотки якоря, которая заключалась в том, что на подогретую до температуры 90—100°С обмотку за один проход наматывали временный бандаж из стальной проволоки и с этим бандажом якорь остывал до температуры окружающей среды. Временный бандаж наматывали на обычном бандажировочном станке, контролируя натяжение проволоки по динамометру. Шаг между витками принимали в лобовых частях 3—4 *мм*, в пазовой части около 7—8 *мм*. Такой способ осадки не обеспечивал хорошего уплотнения катушек на сердечнике якоря, и это приводило к тяжелым повреждениям тяговых двигателей в эксплуатации из-за ослабления и размотки постоянных бандажей.

Для более плотной осадки якорных катушек временным бандажом ЦНИИ МПС разработал новую технологию уплотнения обмотки, предусматривающую многократную перемотку по всей длине якоря с заданным натяжением одного и того же отрезка проволоки. Эта технология впервые была проверена и внедрена в 1960 г. на заводе МЭМРЗ, для чего было разработано и изготовлено специальное устройство принципиально новой конструкции типа БС-ЦНИИ-1. На рис. 70 приведена схема устройства, которое состоит из подвижной каретки с гидравлическим приводом для ее передвижения, гидравлического механизма для компенсации удлинения проволоки временного бандажа, контрольного

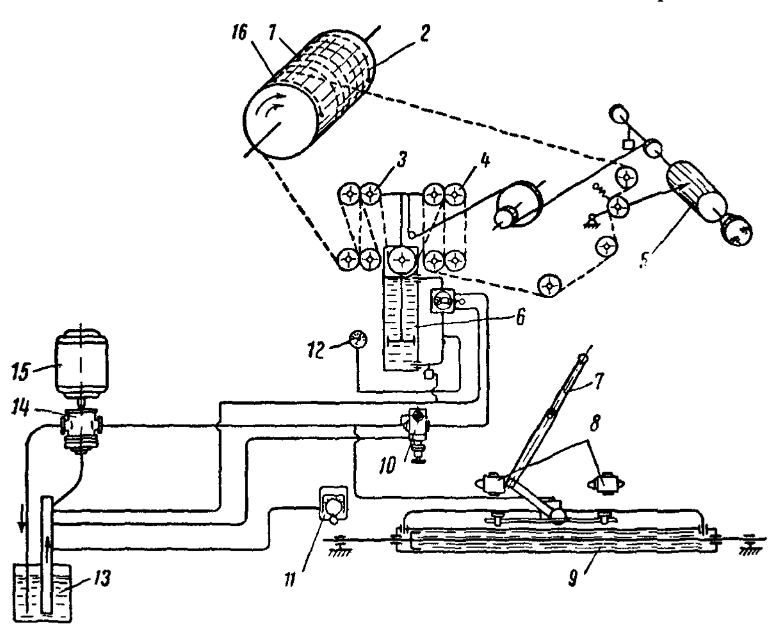


Рис. 70. Схема устройства к бандажировочному станку для осадки обмотки якоря способом многократной перемотки временного бандажа:

1 — якорь; 2, 16 — временные бандажи; 3, 4 — натяжные ролики; 5 — визуальный и записывающий прибор контроля натяжения бандажной проволоки; 6 — гидравлическое устройство; 7 — механизм переключения хода каретки; 8 — переключатель вращения якоря; 9 — каретка; 10 — редукционный клапан; 11 — дроссель; 12 — манометр; 13 — бак; 14 — насос; 15 — электродвигатель

прибора для регистрации и визуального наблюдения величины натяжения бандажной проволоки, гидравлического насоса, гидравлической и электрической аппаратуры управления станком.

Для осадки обмотки якорь подогревают в индукционной электрической печи до температуры 80—90°С и устанавливают в центры станка. Конец бандажировочной проволоки *2*, пропущенный через натяжное устройство *3*, *4* и прибор *5*, закрепляют со стороны коллектора якоря *1*. Затем станок включают и временный бандаж наматывают по всей длине якоря. По окончании намотки второй конец *16* проволоки обрезают с достаточным запасом длины и закрепляют на якоре со стороны, противоположной коллектору. После переключения автоматических переключателей *8* привод станка начинает вращать якорь в обратном направлении и перематывает бандаж. Каретка *9* станка при этом передвигается в обратном направлении. Якорь вращают в ту и другую сторону от пяти до восьми раз, пока катушки плотно не осядут на свои места. Силу натяжения проволоки регулирует гидравлическое устройство *6* и регистрирует прибор *5*. При ослаблении проволоки из-за ее деформации и осадки обмотки масло поступает в цилиндр гидравлического устройства и воздействует через шток на натяжное устройство *3* и *4*, перемещение которого восстанавливает заданную величину натяжения перематываемого бандажа. Скорость перемещения каретки регулируют дросселем *11*.

По старой технологии нижние и верхние слои катушек якорей с разрезной обмоткой осаживали раздельно. С внедрением станка многократной осадки уплотнение обоих слоев обмотки выполняют за одну операцию, при этом качество осадки значительно улучшилось, а технологическое время ремонта якоря сократилось. При осадке обмотки лобовые части якоря во избежание повреждения изоляции катушек предварительно покрывают несколькими слоями прессшпана общей толщиной 3—4 *мм*, а в пазы якоря укладывают защитные бруски, изготовленные из твердых пород дерева. Ширина и длина брусков должны соответствовать размеру паза.

Беспроволочная осадка обмоток. Технология беспроволочной осадки якорных катушек впер-

вые была разработана и внедрена на харьковском заводе «Электротяжмаш» для уплотнения обмоток якорей тепловозных двигателей типа ЭДТ-200. При этом способе обмотку якоря опрессовывают на специальной пневматической установке, работающей по автоматическому циклу. Установка (рис. 71) состоит из стального

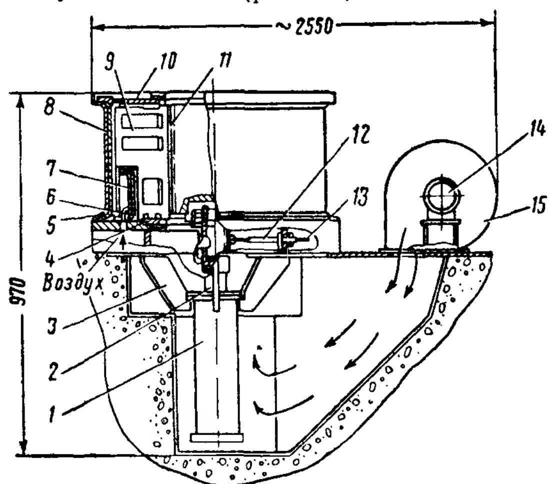


Рис. 71. Установка для осадки обмотки якоря электродвигателя типа ЭДТ-200:

1 — пневмоцилиндр; 2 — механизм загрузки якоря; 3 — корпус; 4 — нижняя плита; 5 — наружный цилиндр; 6 — внутренний цилиндр; 7, 8 — диафрагмы; 9 — пуансон; 10 — верхняя плита; 11 — упор; 12 — толкатели; 13 — конечный выключатель; 14 — электродвигатель; 15 — вентилятор

цилиндра с резиновой диафрагмой и пуансонами, пневматического механизма для подъема и опускания якоря, вентиляционной системы для охлаждения обмотки, электрической и пневматической аппаратуры управления.

Предварительно нагретый до температуры 90—100°С якорь устанавливают вертикально на платформу подъемного устройства, затем включают пневматический привод и якорь опускают внутрь установки. В тот момент, когда якорь займет крайнее нижнее положение, сжатый воздух заполняет полость между стальным цилиндром и резиновой диафрагмой, через которую передает усилие на пуансоны. Под действием этого усилия пуансоны перемещаются, входят в пазы якоря и опрес-

совывают обмотку по всей ее длине. Одновременно с этим включается вентилятор, который создает поток воздуха, проходящий снизу вверх установки, и охлаждает якорь при опрессовке его обмотки.

Время осадки обмотки в зависимости от типа якоря и интенсивности его охлаждения составляет 20—30 *мин*. Применение установки автоматизирует и значительно упрощает процесс осадки якорных катушек, в 1,5—2 раза повышает производительность труда и улучшает качество, так как на обмотку действует постоянное давление в течение всего времени ее опрессовки. Кроме того, этот способ осадки более экономичен, так как отпадает надобность в расходе технологических материалов: бандажной проволоки, электрокартона, деревянных прокладок и др. В настоящее время пневматические установки для осадки якорных катушек начинают находить применение на заводах по ремонту электроподвижного состава и тепловозов.

Пайка соединительных скобочек. После осадки обмотки проверяют электрическую прочность изоляции якоря переменным напряжением, величину которого принимают на 20% выше испытательного напряжения для полностью отремонтированной машины. При удовлетворительных результатах испытания изоляции якорь с разрезной обмоткой направляют на пайку верхних полукатушек с соединительными скобочками нижних полукатушек. Перед пайкой межслойных соединений обмоток якорей тяговых двигателей ДПЭ-400, ДПЭ-340 и НБ-411 снимают металлические и миканитовые фланцы, а под выступающие части миканитовой изоляции вставляют временные распорные кольца. Скобочки припаивают на специальном сварочном агрегате (рис. 72) контактным способом. В качестве припоя употребляют припой из фосфористой меди (92,5% меди и 7,5% фосфора) или серебряный припой марки ПСР-45, состоящий из 30% меди, 25% цинка и 45% серебра. Для быстрой и качественной припайки скобочек *2* к проводникам применяют припой в виде тонких пластинок толщиной 0,10—0,12 *мм*. Для нагрева места спайки соединительную скобочку вместе с припоем помещают между контактными угольными электродами губок *3* сварочного трансформатора и пропускают ток. Под действием тока место контакта быстро нагревается до температу-

ры 750—820°C, припой плавится и соединяет между собой проводники полукатушек. Затем губки трансформатора разводят винтом и поворотом штурвала отводят в сторону от якоря, а место пайки скобочек охлаждают струей сжатого воздуха, подводимого по трубке. После пайки якорь *1* снимают со сварочного аппарата и устанавливают в вертикальное положение, затем зачищают места пайки и изолируют скобочки друг от друга несколькими оборотами гибкого миканита. Кроме того, между каждой парой соседних скобочек вставляют изоляционные прокладки, отштампованные из прокладочного миканита толщиной 1 *мм*. (Эти прокладки часто штампуют из производственных отходов коллекторного миканита). После изолирования скобочек на якорь вновь устанавливают миканитовый и металлический фланцы, проверяют электрическую прочность обмотки, а затем направляют его для пайки коллектора.



Рис. 72. Сварочный агрегат для пайки соединительных скобочек разрезных обмоток якорей тяговых двигателей:

1 — якорь; 2 — соединительные скобочки; 3 — губки с угольными электродами

Пайка коллектора. Перед пайкой коллектора выступающие из петушков концы проводников якорной обмотки срезают на токарном станке или срубают при помощи пневматического инструмента заподлицо с торцами коллекторных пластин. После этого обмотку яко-

ря проверяют на отсутствие обрывов проводников и витковых замыканий.

Проводники в шлицах коллекторных пластин паяют в специальной круглой ванне поплавкового типа (рис. 73), состоящей из цилиндрического корпуса, кольцеоб-

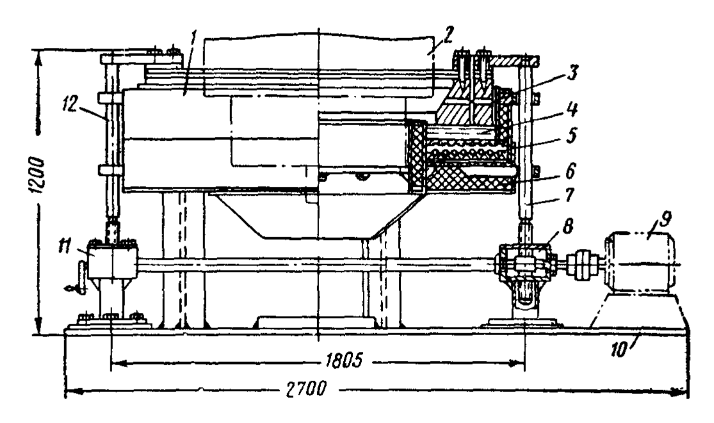


Рис. 73. Ванна для пайки коллекторов электрических машин:

1 — корпус; 2 — коллектор; 3 — поплавок; 4 — припой; 5 — нагревательные элементы; 6 — теплоизоляция; 7, 12 — тяги; 8, 11 — червячные редукторы; 9 — электродвигатель; 10 — основание

разного поплавка с электромеханическим приводом, электрического нагревателя и устройств вытяжной вентиляции.

Для защиты от припоя рабочую часть коллектора предварительно покрывают водным раствором мела, а выступающую часть миканитового конуса предохраняют от перегрева несколькими слоями асбестового полотна и асбестовой ленты. Петушки коллектора перед пайкой смазывают канифольным флюсом. Подготовленный для пайки коллектор опускают в ванну при вертикальном положении якоря и устанавливают на специальное сменное кольцо, соответствующее диаметру коллектора. Затем во избежание вытекания припоя из ванны между торцом петушков коллектора и стальным кольцом закладывают асбестовый шнур диаметром 20—25 *мм* и тщательно уплотняют его. После этого включают электропривод ванны, который опускает кольцевой поплавок вниз электротигля и вытесняет расплавленный припой в зону пайки петушков коллектора. При этом вни-

мательно следят за тем, чтобы уровень припоя не доходил на 3—4 *мм* до торца петушков со стороны обмотки, так как в противном случае припой попадет между проводниками якорных катушек и замкнет их между собой.

Прогрев петушков коллектора и пайка проводников обмотки в шлицах пластин занимают 12—15 *мин*. В качестве припоя применяют ПОС-61, а в качестве флюса — очищенную канифоль. Ванна должна быть оборудована прибором, показывающим и регулирующим температуру расплавленного припоя, которая не должна превышать 250—260°С, так как более высокий нагрев может вызвать разрушение изоляции коллектора. После пайки припой выпускают из ванны обратно в тигель, вынимают краном якорь, удаляют наплывы припоя и гайковертом подтягивают коллекторные болты. Коллекторы электрических машин, изготовленные на кремнийорганической изоляции и работающие с более высокими температурами, паяют тугоплавкими припоями с добавлением серебра (ПСР) контактным способом на специальной установке (рис. 74).

Рис. 74. Установка для контактной пайки коллекторов тяговых двигателей:

1 — коллектор якоря; 2 — угольный электрод; 3 — медный электрод

В этой установке два передвижных электрода — угольный *2* и медный — *3* подключены ко вторичной обмотке питающего трансформатора. При пайке электроды подводят поочередно к каждой пластине коллектора *1*; угольный электрод— к петушку, а медный — к рабочей части пластины. Нагрев петушка и расплавление подводимого пруткового припоя достигают за счет тепла, выделяющегося при прохождении тока по повышенному контактному сопротивлению между угольным электродом и коллекторной пластиной. Продолжительность пайки кон-

тактным способом одной коллекторной пластины, включая предварительный подогрев петушка, составляет 25—30 *сек*. Благодаря кратковременному выделению и концентрации тепла в процессе пайки не возникает перегрева коллектора, что очень важно для сохранения твердости меди коллекторных пластин и электрической прочности изоляции. Пайка коллектора контактным способом по сравнению с пайкой петушков коллектора в ванне имеет еще и экономические преимущества. Для пайки коллектора в ванне расплавляют одновременно 500—600 *кг* оловянистого припоя ПОС-61, что приводит к значительным его потерям от угара и разбрызгивания (до 30—40%). Контактная же установка позволяет паять коллекторные пластины с минимальными потерями припоя (5—6%). Качество пайки проводников в петушках коллектора проверяют по падению напряжения. При нормальной пайке падение напряжения между всеми соседними пластинами коллектора должно быть приблизительно одинаковым.

32. КРЕПЛЕНИЕ ОБМОТОК ЯКОРЕЙ

Герметизация обмоток якорей. Тяговые двигатели — наиболее дорогостоящее оборудование локомотивов и электропоездов. Они работают в весьма трудных условиях, поэтому в эксплуатации еще не редки случаи их повреждения. Наиболее слабое место электрических машин — изоляция якорных обмоток, на долю повреждаемости которой приходится 35—45% всех случаев неисправностей тяговых двигателей. В эксплуатации на якорную обмотку воздействуют тепловая и электрическая нагрузки, а также вибрационные, центробежные и инерционные силы.

Слабая защита обмоток от воздействия окружающей среды не исключает попадания на изоляцию влаги, масла, грязи, угольной пыли и т. п. Эксплуатационные загрязнения, проникая в поры и трещины открытой части изоляции, разрушают ее и снижают электрическую прочность. Это приводит к межвитковым замыканиям и пробоям изоляции обмоток якорей. Для повышения эксплуатационной надежности электрических машин в отечественной и зарубежной практике в последнее время применяют различные способы герметизации обмоток

полимерными материалами: капсулирование якоря, заполнение пустот в обмотке различными электроизоляционными пастами и замазками, многократное покрытие защитными лаками, эмалями, компаундами и т. п. Все эти способы предназначены для защиты якорных обмоток от механических и химических воздействий, способных ослабить или повредить изоляцию в процессе эксплуатации тягового двигателя.

Способ капсулирования заключается в том, что якорь с уложенной обмоткой помещают в специальную капсулу-форму, запрессовывают в нее цементирующий компаунд и предварительно сушат до отвердения компаунда. Затем якорь вынимают из капсулы-формы, помещают в печь и сушат до окончательного запекания полимерной массы. Этот способ обеспечивает высокое качество герметизации якорных обмоток, но довольно сложен в технологическом отношении, особенно для якорей больших габаритов при мощности двигателей от 100 *квт* и выше.

Более простой способ — защита обмоток электроизоляционными пастами или замазками, нагнетаемыми при помощи специальных приспособлений во впадины якорных обмоток. Например, у якорей тяговых двигателей типа ТАО-649 угловые впадины обмоток заполнены специальной замазкой, поверх которой уложено несколько слоев стеклошнура. У тяговых двигателей электровозов серии ЧС угловые впадины якорных обмоток также заполнены полимерным материалом. Для защиты обмоток якорей отечественного производства применяют различные пасты и замазки, которыми заполняют впадины между проводниками катушек около коллектора.

З а п р е с с о в к а   э л е к т р о и з о л я ц и о н н о й   п а с т ы. После пайки проводников в шлицах коллекторных пластин впадины между проводниками обмотки у петушков коллектора заполняют специальной пастой. Кроме хорошей цементирующей способности, паста должна обладать теплопроводностью и дугостойкостью, а также иметь высокие электроизоляционные свойства. В настоящее время разработано несколько рецептов для приготовления паст. На ремонтных заводах МПС применяют электроизоляционную пасту, изготавливаемую на кремнийорганическом лаке следующего соста-

ва (в % по весу): лак кремнийорганический ЭФ-5 вязкостью 50—55 *сек* по ВЗ-4 при 20°С с содержанием основы 60—65% — 13; масло льняное полимеризованное вязкостью 50—60 *сек* при температуре 50°С по воронке НИИЛКа — 5; асбест распушенный сухой, сорт 5—4; маршалит белый сухой просеянный — 43; мел технический сухой просеянный — 30; бензол или толуол каменноугольный — 3; сиккатив осажденный ТУ-1107 завода «Победа рабочих», г. Ярославль — 2.

Перед приготовлением пасты асбест, мел и маршалит предварительно сушат 8—10 *ч* в печах при температуре 120—130°С, причем толщина насыпанного на противень слоя не должна превышать 70—80 *мм*. После полного высыхания асбест сепарируют от примесей, а мел и маршалит просеивают через сита, имеющие 250—300 отверстий на 1 *см*^{2}.

Рижский электромашиностроительный завод применяет электроизоляционную пасту, приготовляемую на термореактивном лаке следующего состава (в % по весу): лак ФЛ-98 — 27; асбест белый молотый — 68; асбест сухой сепарированный, сорт 5—5; толуол или ксилол — по надобности.

Электроизоляционную пасту между проводниками обмотки якоря у петушков коллектора запрессовывают на специальной гидравлической установке (рис. 75), состоящей из стола, прижимного механизма, резинового уплотнения, гидравлического цилиндра, устройства для нагнетания пасты и гидравлического привода с аппаратами управления.

Для запрессовки пасты якорь после осадки обмотки, пайки и механической обработки устанавливают вертикально на стол приспособления и уплотняют камеру прессования резиновыми кольцами. Затем закладывают пасту через отверстие в цилиндр и нагнетают ее во впадины обмотки якоря с помощью гидропривода. После запрессовки пасты накладывают на переднюю лобовую часть три слоя в полуперекрышу стеклобандажной ленты марки ЛСБ-F и якорь направляют в первую вакуумно-нагнетательную пропитку.

Для герметизации обмоток в лобовых частях якорей ЦНИИ МПС рекомендует применять электроизоляционную пасту, приготовленную на полиэфирном компаунде марки КП-18. В качестве наполнителя пасты, кроме

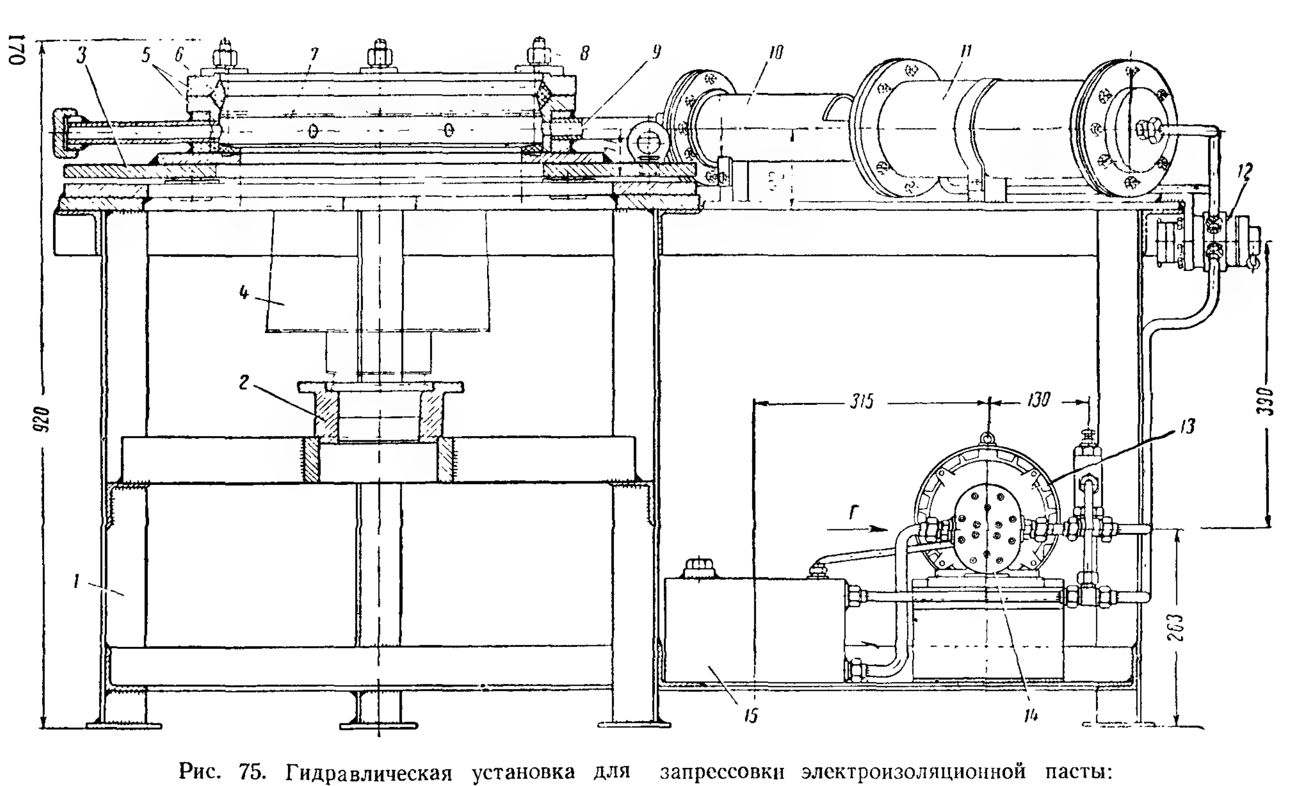


Рис. 75. Гидравлическая установка для запрессовки электроизоляционной пасты:

1 — каркас; 2 — опора; 3 — стол; 4 — якорь; 5 — прижимные кольца; 6 — уплотнение; 7 — камера прессования; 8 — прижимные гайки; 9 — штуцер; 10 — емкость для пасты; 11 — цилиндр; 12 — кран управления; 13 — электродвигатель; 14 — насос; 15 — бак

маршалита и распушенного асбеста, добавляют слюдяную молотую крошку.

Благодаря тому что полиэфирный компаунд почти не содержит летучих веществ, электроизоляционная паста после отвердения обладает высокой монолитностью и незначительной пористостью. Эта паста по сравнению с другими обладает наименьшей водопоглощаемостью, хорошей механической и электрической прочностью и соответствует требованиям изоляции класса В. Пасту следует запрессовывать после осадки обмотки, постановки пазовых клиньев и пайки коллектора. Продолжительность сушки пасты составляет 5—6 *ч* при температуре 130—135°С.

Изготовление и монтаж пазовых клиньев. Для крепления обмоток в пазах современных тяговых двигателей применяют клинья. Исключение составляют только устаревшие тяговые двигатели типов ДПЭ-340, ДПЭ-400 и ДПИ-150, где обмотку крепят стальной бандажной проволокой диаметром 2 *мм*. Пазовую часть обмоток якорей вспомогательных машин также закрепляют бандажами из проволоки диаметром 1,2 *мм*.

В зависимости от типа и назначения электрической машины для изготовления пазовых клиньев используют гетинакс, текстолит, дерево твердых пород, различные пластмассы и другие материалы. В тяговом электромашиностроении для изготовления клиньев наиболее широко применяют листовой прессованный электротехнический текстолит марки Б, обладающий высокими диэлектрическими и механическими свойствами.

Технология изготовления текстолитовых клиньев состоит из трех операций резки заготовок, калибровки клиньев и снятия заходных фасок. Заготовки режут на специальных станках дисковой или клинообразной фрезой (рис. 76). Наиболее экономична нарезка клиньев дисковой фрезой толщиной 1,2 — 1,5 *мм* (рис. 76,*а*), так как отходы при этом составляют не более 8—10% при достаточно точной нарезке клиньев и чистых кромках. При фрезеровании заготовок специальной фасонной фрезой (рис. 76,*б*) отходы текстолита в стружку достигают 20—25%.

Диаметр фрезы выбирают в зависимости от оптимального режима резания. При числе оборотов шпинделя станка 1000—1200 *об/мин* и скорости подачи

5—6 *м/мин* диаметр дисковой фрезы должен быть равен 80—100 *мм*. Заготовка должна быть отрезана с припуском 0,2—0,4 *мм* по ширине клина для последующей калибровки.

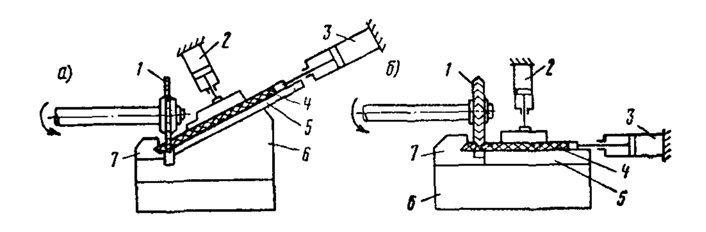


Рис. 76. Способы резки заготовок текстолитовых клиньев:

а — дисковой фрезой; б — специальной фасонной фрезой; 1 — фреза; 2, 3 — пневматические прижимы; 4 — заготовка текстолита; 5 — стол станка; 6 — станина; 7 — упор

После нарезки клинья калибруют, протягивая их боковые стороны через резцы на специальном станке-полуавтомате (рис. 77). Профиль режущих кромок резцов должен строго соответствовать форме и размерам

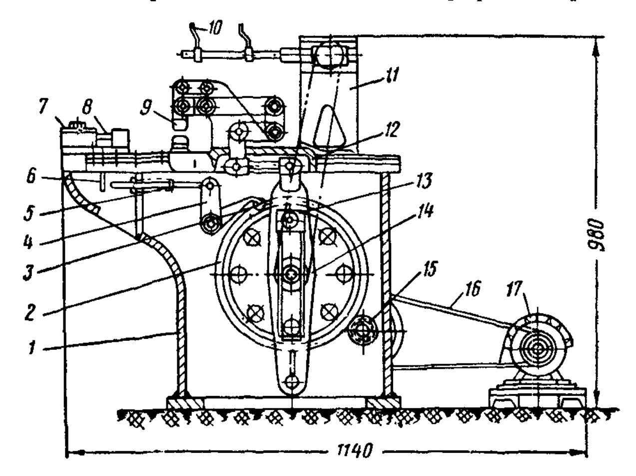


Рис. 77. Станок-полуавтомат для калибровки текстолитовых клиньев:

1 — станина; 2 — шестерня большая; 3 — ролик; 4 — рычаг; 5 — толкатель; 6 — рычаг-вилка; 7 — губка; 8 — резец; 9 — губка подвижная; 10 — сбрасыватель; 11 — подставка; 12 — ползун; 13 — камень; 14 — кулиса; 15 — шестерня малая; 16 — ременная передача; 17 — электродвигатель

поперечного сечения «ласточкина хвоста» паза якоря. Откалиброванный клин должен входить в паз сердечника якоря с плотной посадкой без люфта и зазоров, но не очень туго, так как при большом натяге клин может разрушиться при монтаже. Для того чтобы выдержать точные размеры поперечного сечения клина, калибрующие резцы станка устанавливают по специальному шаблону. После калибровки клиньев на специальном станке-полуавтомате фасонной фрезой снимают заходные фаски на их торцовой поверхности. Эти фаски необходимы для предупреждения повреждений и смещений прессшпановой прокладки клином. Станок-полуавтомат (рис. 78) состоит из диска с зажимным механизмом для



Рис. 78. Станок-полуавтомат для фрезерования заходной фаски на торцах текстолитовых клиньев:

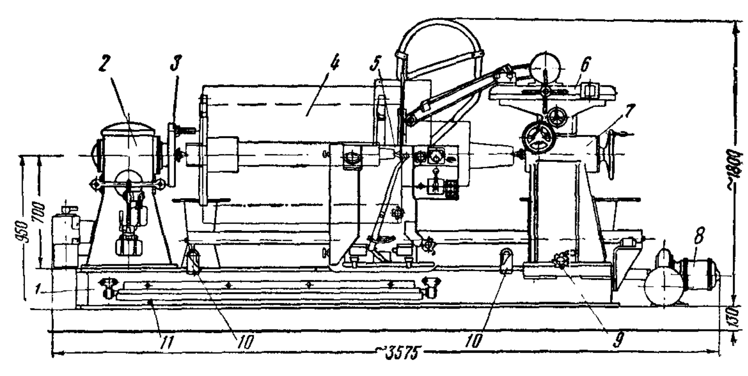
1 — корпус станка с электроприводом вращения диска; 2 — кнопки управления; 3 — бабка; 4 — диск; 5 — зажимное устройство; 6 — клин; 7 — электродвигатель с фрезой; 8 — труба вытяжной вентиляции

крепления клиньев, электропривода с редуктором для вращения диска, специальной фасонной фрезы, смонтированной на валу электродвигателя, вентиляционной установки для отсоса и сбора текстолитовой стружки и кнопок управления. Диск станка имеет 18 пазов, расположенных в радиальном направлении. В эти пазы,

как показано на рис. 78, поочередно закладывают текстолитовые клинья. При работе станка диск, вращаясь по часовой стрелке, зажимает специальным кулачковым механизмом клин и подводит торец его к режущим кромкам фрезы, которая и срезает заходную фаску. Размер фаски регулируют перемещением фрезы.

Монтаж текстолитовых клиньев в пазы якоря выполняют в следующем порядке: сначала клинья вручную устанавливают во все пазы сердечника на глубину 15—20 *мм*, затем пневматическим молотком досылают их. Для удобства работы и сохранения плотности посадки клинья монтируют с обеих сторон якоря.

Намотка проволочных бандажей. Для крепления обмотки в лобовых частях якоря применяют проволочные бандажи, которые наматывают на специальном бандажировочном станке (рис. 79) после первой пропитки и



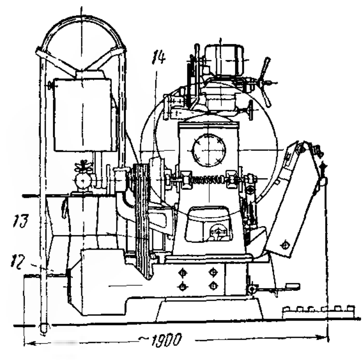


Рис. 79. Станок для бандажирования обмоток якорей электрических машин:

1 — станина; 2 — задняя бабка; 3 — поводок; 4 — якорь; 5 — каретка; 6 — приспособление для продороживания коллектора; 7 — передняя бабка; 8 — пылесос; 9 — механизм перемещения передней бабки; 10 — конечные выключатели, 11 — педаль управления; 12 — электродвигатель; 13 — клиноременная передача; 14 — фрикционная муфта

сушки изоляции якоря. Постоянные бандажи укладывают на якорь, предварительно подогретый до температуры 80—90°С. Перед бандажированием на лобовые части обмотки укладывают подбандажную изоляцию, состоящую из нескольких слоев гибкого миканита марки ГФС-2 толщиной 0,5 *мм* и электрокартона. Для увеличения прочности крепления обмоток якорей электровозных тяговых двигателей бандажи наматывают в два слоя: первый слой укладывают с натяжением проволоки 230—250 *кГ*, а второй — 215—230 *кГ*. Величину натяжения проволоки контролируют по динамометру, установленному на бандажировочном станке. В процессе намотки под проволоку бандажей прокладывают скобочки из луженой жести толщиной 0,35 *мм*. Бандажный

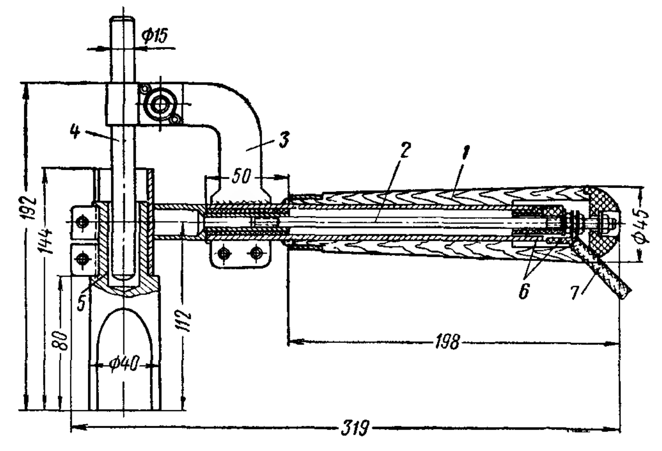


Рис. 80. Электродуговой паяльник:

1 — рукоятка; 2 — стержень; 3 — кронштейн; 4 — угольный электрод; 5 — медный электрод; 6, 7 — провода от источника тока

замок и скобочки тщательно пропаивают по всей поверхности; надломы и трещины в них недопустимы. Бандажи паяют сплошным слоем олова марки 02 или припоем ПОС-40 электрическим дуговым паяльником (рис. 80). В качестве флюса применяют канифоль. Качество намотки и пайки бандажей определяют остукиванием.

Изоляцию лобовых бандажей от корпуса якоря проверяют мегомметром; прочность изоляции пазовых

бандажей якорей тяговых двигателей ДПЭ-340, ДПЭ-400 и др. испытывают переменным током напряжением 500 *в* в течение 1 *мин*.

Намотка бандажей со звеночными замками. При длительной работе тягового двигателя проволочные бандажи, особенно расположенные на активной части сердечника якоря (ДПЭ-340, ДПЭ-400), нагреваются до 150—160°С и более. Повышенный нагрев значительно уменьшает механическую прочность паяных соединений бандажей и особенно замковых скобочек. Установлено, что случаи разрушения бандажей в эксплуатации возникали не по причине разрыва стальной проволоки, а вследствие недостаточного крепления ее концов в замковых скобах и сравнительно низкой температурой плавления олова.

Для повышения прочности и предупреждения размотки бандажей в эксплуатации ЦНИИ МПС предложил способ непосредственного соединения концов крайних витков бандажа между собой с помощью специального звеночного замка. Последовательность операций изготовления звеночного замка показана на рис. 81. По-

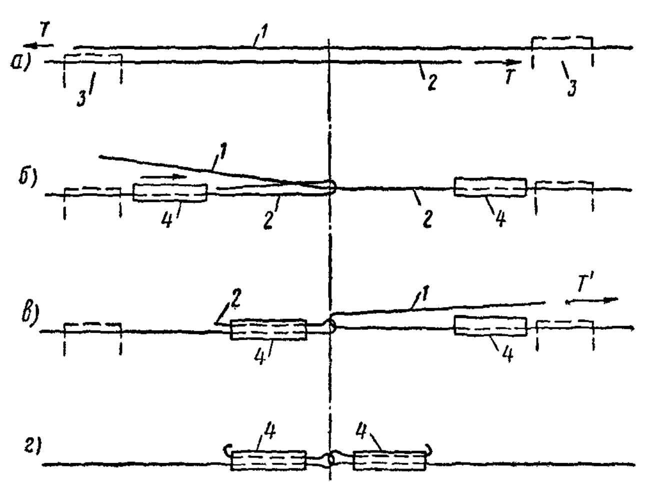


Рис. 81. Последовательность операций при креплении крайних витков бандажа звеночным замком:

1 — крайний виток нижнего слоя бандажа; 2 — крайний виток верхнего слоя бандажа; 3 — крепительная скоба; 4 — трубка; T — усилие укладки витков в якорь; T¹ — усилие затяжки звеночного замка

сле намотки бандажа концы витков *1* и *2* нижнего и верхнего слоев (рис. 81,*а*) закрепляют пайкой в крепительных скобках *3*, расположенных на расстоянии 100—150 *мм* друг от друга. Затем на концы проволоки надевают специальные латунные трубки *4* (рис. 81,*б*,*в*), отгибают конец проволоки *2* на 180° и пропускают через образовавшуюся петлю другой конец витка *1*. После этого надвигают трубку *4* на образовавшуюся петлю, отгибают на 180° конец витка *1*, устанавливают на место другую трубку и паяют звеночный замок (рис. 81,*г*).

Прочность звеночного замка, как показали испытания, во много раз превосходит прочность замка существующей конструкции. Кроме того, прочность замка почти не зависит от качества его пайки и нагрева бандажа в эксплуатации. Звеночные замки можно применять только при четном числе слоев бандажа. Поэтому на пазовой части якоря двигателя ДПЭ-400 укладывают двухслойные бандажи из проволоки диаметром 1,5 *мм*. При этом общее сечение бандажа несколько возрастает за счет увеличения числа его витков с 8 до 18.

В табл. 15 приведены размеры латунных трубок для бандажной проволоки диаметром 1,5 и 2 *мм*.

Таблица 15

Наименование размеров трубки	Диаметр бандажной проволоки в *мм*	
	2	1,5
Внутренний диаметр	$3,5^{+0,15}$	$2,6^{+0,15}$
Толщина стенки	$0,6^{+0,1}$	$0,5^{+0,1}$
Отверстие после придания трубке овальной формы	2,1×4,1	1,6×3,1
Длина	15	13

С 1962 г. завод МЭМРЗ применяет такие звеночные соединения проволочных бандажей при ремонте тяговых двигателей типов ДПЭ-340 и ДПЭ-400.

Крепление обмоток стеклобандажной лентой. В последнее время заводы тягового электромашиностроения и ремонтные заводы МПС начали широко применять для крепления якорных обмоток стеклобандажную ленту марки ЛСБ-F. С 1964 г. завод РЭЗ при изготовле-

нии тяговых двигателей типов УРТ-110 и УРТ-51 устанавливает только стеклобандажи. С начала 1965 г. завод МЭМРЗ стал использовать стеклобандажную ленту для крепления обмоток якорей при ремонте электровозных тяговых двигателей ДПЭ-400, НБ-406, НБ-412, ТАО-649, а также двигателей моторных вагонов ДК-106, ДК-103 и некоторых якорей вспомогательных машин.

Быстрое внедрение стеклобандажей вызвано тем, что применение их обеспечивает высокие экономические показатели и повышает надежность крепления обмоток.

При использовании стеклобандажной ленты отпадает надобность в расходовании дорогостоящих материалов: олова, припоя, луженой, стальной проволоки, белой жести, миканита, электрокартона и др. Применение стеклобандажной ленты вместо стальной проволоки значительно упрощает технологический процесс укладки бандажей, сводит его по существу к одной операции — намотке ленты на якорь — и исключает укладку подбандажной изоляции, установку скобочек, устройство различного рода замков, пайку бандажей и т. п.

Бандажи из стеклоленты повышают качество крепления обмоток, так как обладают более высокой механической прочностью, чем стальные паяные бандажи. Они не могут распаиваться, ослабевать, сползать с лобовых частей якорной обмотки, поэтому, как показали исследования и опыт работы, практически не подвергаются разрушению в эксплуатации.

Стеклобандажи в сочетании с электроизоляционной пастой и качественными пропиточными лаками обеспечивают монолитность и высокую герметизацию якорной обмотки, создают надежную защиту от воздействия эксплуатационных загрязнений: влаги, масла, угольной пыли, чем в значительной степени сохраняют электрическую прочность ее изоляции.

Для намотки бандажей используют нетканую ленту из стекловолокна марки ЛСБ-F шириной 15—20 *мм* и толщиной 0,1—0,2 *мм*. Согласно МРТУ-6-11-22—65 эта лента предназначена для бандажирования якорей с изоляцией классов F и В. Стеклоленту изготавливают из параллельно расположенных непрерывных стеклянных нитей, скрепленных между собой электроизоляци-

онным клеящим лаком. В качестве связующего вещества применяют полиэфироэпоксидный лак марки ПЭ-933 (бывший ЭТР-5), изготовляемый Рижским лакокрасочным заводом по ТУ СТУ 104.326.63.

Лак ПЭ-933 представляет собой раствор в органических растворителях продукта поликонденсации полиэфиров на основе терефталевой и адипиновой кислот с эпоксидными смолами ЭД-6 и Э-40. В качестве отвердителя в лак вводят бутоксирезольно-формальдегидную смолу РБ; разбавителем служит толуол. Содержание сухого остатка в лаке (нелетучих) должно быть 40—50%, вязкость по вязкозиметру ВЗ-4 не менее 40—60 *сек*. Продолжительность полного высыхания лаковой пленки и ее полимеризации при температуре 150—155°С не более 3 *ч*, электрическая прочность пленки не менее 80 *кв/мм* при температуре 20°С.

Завод-изготовитель поставляет стеклобандажную ленту в виде намотанных на втулки диаметром 100—120 *мм* дисков наружным диаметром не более 280—300 *мм*. Стеклолента должна быть равномерно пропитана лаком по толщине и иметь равномерное распределение нитей по ширине. На поверхности ленты недопустимо наличие путаных нитей и каких-либо загрязнений. Она должна разматываться с дисков без повреждений с некоторым отлипом; ее цвет — бледно-желтый.

Физико-механические свойства стеклобандажной ленты, изготовляемой Крюковским заводом стекловолокна ВНИИСВ, следующие: ширина 18 *мм*, толщина $0{,}2^{+02}_{+0{,}04}$ *мм*, содержание связующего (% по весу) 22—25%, растворимость связующего в ленте 90±7%, содержание летучих 1—2%, предел прочности растяжению 70 *кГ/мм*^{2}.

Стеклобандажи наматывают на обычном бандажировочном станке, используя специальное натяжное приспособление (рис. 82), состоящее из подвижной каретки, системы натяжных роликов, тормозного устройства и прибора для определения величины натяжения стеклоленты. Технология наложения стеклобандажей очень проста и включает в себя две операции: выравнивание стеклолентой лобовых частей обмотки якоря и намотку основного бандажа с укладкой витков в полуперекрышу при натяжении ленты 70—80 *кГ*. В зависимости от

типа якоря и величины поперечного сечения стеклоленты на лобовые части якорной обмотки укладывают бандажи с разным количеством витков. В табл. 16 приве-

Таблица 16

Тип тягового двигателя	Количество витков в бандаже	
	со стороны коллектора	со стороны, противоположной коллектору
НБ-406	240	330
НБ-412	250	340
ТАО-649	240	280
ДПЭ-400	260	360
ДК-103	150	170
ДК-106	180	200
ДК-304Б	127	145
ЭДТ-200Б	145	220

дено число витков бандажей из стеклобандажной ленты толщиной 0,2 *мм* и шириной 18 *мм* для якорей различных тяговых двигателей (по данным завода МЭМРЗ).

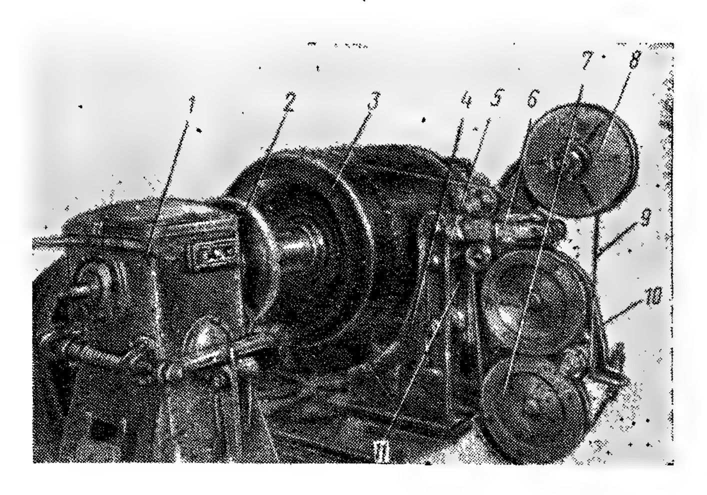


Рис. 82 Натяжное приспособление для намотки стеклобандажной ленты на обмотку якорей электрических машин:

1 — бандажировочный станок, 2 — планшайба станка, 3 — якорь, 4 — корпус приспособления, 5 — прибор, показывающий натяжение ленты; 6 — гидравлический динамометр 7 — натяжные ролики, 8 — кассета для ленты, 9 — стеклобандажная лента, 10 — тормозное устройство, 11 — каретка

В число витков бандажей не входят витки, укладываемые на якорь для выравнивания поверхности лобовых частей обмотки. Поверхность стеклобандажей должна быть ровной, строго цилиндрической формы. После бандажирования якорной обмотки наматывают в полуперекрышу 6—7 слоев стеклобандажной ленты на миканитовый конус коллектора, поверхность которого должна быть ровной и гладкой. При обрыве стеклобандажной ленты конец ленты прикрепляют к бандажу при помощи горячего паяльника. Количество уложенных витков контролируют по счетчику, установленному на бандажировочном станке. После бандажирования якорь направляют в пропиточно-сушильное отделение для пропитки.

33. БАЛАНСИРОВКА ЯКОРЕЙ

Качество балансирования якоря в большой степени влияет на работоспособность и надежность электрической машины в эксплуатации. Плохо отбалансированный якорь создает дополнительные вибрационные и динамические нагрузки, воздействующие на все детали тягового двигателя и вызывающие ослабление неподвижных посадок, резьбовых соединений, появление трещин и пр. Удары, следующие с частотой, соответствующей числу оборотов якоря, могут вызвать разрушение якорных подшипников, изломы щеткодержателей, ослабление посадки нажимных шайб, пакета стали, коллектора, повреждение обмотки, перебросы электрической дуги и круговой огонь на коллекторе.

Плохая балансировка якорей вредно отражается на работе, особенно тяговых двигателей с моторно-осевой подвеской, так как, помимо центробежных сил неуравновешенности, на двигатель действуют значительные динамические усилия, возникающие при движении локомотива по неровностям пути. Поэтому при ремонте электрических машин для предупреждения образования в якоре неуравновешенных масс строго соблюдают высокую точность обработки ремонтируемых деталей, технологию сборки узлов и тщательно выполняют статическую и динамическую балансировку якорей.

Статическая балансировка деталей якоря. Если центр тяжести детали не лежит на оси ее вращения, де-

таль является статически неуравновешенной. Сердечник якоря состоит в основном из деталей и узлов, обладающих большой массой: передней и задней нажимных шайб, втулок коллектора, пакета стали, фланцев, колец и др. Многие детали якоря изготавливают путем отливки в земляные формы, что не обеспечивает точность их геометрических размеров. Из-за скрытых раковин, разностенности, эксцентричности поверхностей и других пороков в отливках центр тяжести этих деталей после окончательной механической обработки не всегда совпадает с осью их вращения, что вызывает статическую и динамическую неуравновешенность. Поэтому перед сборкой сердечника якоря детали, имеющие форму тел вращения, обязательно статически балансируют. Если этого не делать, то трудно, а иногда просто невозможно будет отбалансировать якорь, собранный из статически неуравновешенных деталей, так как величина и вес необходимых балансировочных грузов будут настолько велики, что не хватит места для их установки и крепления.

Статической балансировке подвергают следующие узлы и детали якоря: собранный коллектор, нажимные шайбы якоря, втулки коллектора, задний металлический фланец тяговых двигателей ДПЭ-400 и НБ-411, съемные вентиляторы двигателей ДК-103, ДПИ-150 и вспомогательных машин.

Для балансировки деталь или узел якоря при помощи специальной оправки устанавливают на вращающиеся роликовые опоры или выверенные по уровню горизонтальные призмы. Сила тяжести, действующая на неуравновешенную массу, создает момент, который вызывает вращение детали на роликовых опорах или перемещение ее вдоль призм до тех пор, пока направление силы тяжести не будет лежать в вертикальной плоскости, проходящей через ось вращения детали, а развиваемый этой силой момент будет больше момента сил трения в опорах. Для большей точности и чувствительности статической балансировки уменьшают момент сил трения путем повышения твердости и тщательной шлифовки опорных поверхностей оправок и ножевидных призм станка.

Для уравновешивания детали подбирают груз, вес которого должен развивать момент, равный моменту

неуравновешенной массы. Корректирующий груз устанавливают и закрепляют на диаметрально противоположной стороне детали. Некоторые детали уравновешивают путем удаления эквивалентного количества металла. Например, при балансировании силуминовых вентиляторов тяговых двигателей ДК-103 и ДПИ-150 удаляют фрезерованием специальные приливы, расположенные на их внешних сторонах. Дисбаланс детали количественно оценивают смещением ее центра тяжести от оси вращения. При статическом уравновешива-

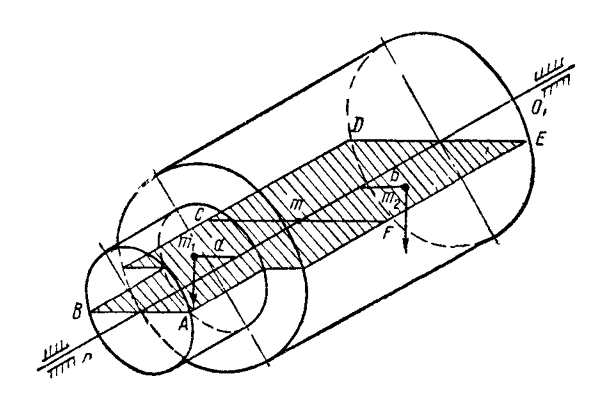


Рис. 83. Схема динамически неуравновешенного якоря

нии на роликах или призмах остаточное смещение центра тяжести относительно оси вращения детали численно примерно равно коэффициенту трения качения, который выражается в единицах длины. Для закаленной и чисто обработанной стали по стали остаточное смещение колеблется в пределах от 0,001 до 0,005 *см*.

Динамическая балансировка якоря. Если центр тяжести якоря лежит на оси его вращения, но она не является главной осью материальной симметрии, то такой якорь динамически неуравновешен. На рис. 83 приведена одна из схем динамически неуравновешенного якоря, центр тяжести общей массы которого m находится на оси вращения OO_1, а центры тяжестей левой массы m_1 и правой массы m_2 хотя и лежат в одной плоскости $ABCDEF$, но расположены по разные стороны от оси

вращения на расстояниях a и b. Когда моменты сил равны $m_1a = m_2b$, т. е. взаимно уравновешивают друг друга, якорь считают статически отбалансированным. Если такой якорь установить на роликовые опоры и периодически поворачивать, то он будет свободно останавливаться в любом положении и его неуравновешенность можно обнаружить только в процессе вращения с определенной скоростью, когда возникнут инерционные силы, направленные в разные стороны и создающие дополнительную нагрузку на подшипники. Статическая балансировка не позволяет обнаружить динамическую неуравновешенность якоря и может в некоторых случаях даже увеличить ее.

Силы, возникающие из-за динамической неуравновешенности якоря, вызывают вибрации и колебания электрической машины, повышая износ ее узлов. Поэтому быстро вращающиеся якоря тяговых двигателей и вспомогательных машин обязательно балансируют. Для компенсации центробежных сил на обеих сторонах якоря при динамической балансировке устанавливают и закрепляют специальные грузы, массы которых под действием соответствующих ускорений создают уравновешивающий момент, равный моменту дисбаланса якоря, но противоположный по направлению. Якоря динамически балансируют на специальных станках, позволяющих определить величину и положение уравновешивающих грузов в двух выбранных плоскостях исправления. Для этого во всех балансировочных станках используются колебания, передаваемые на опоры быстро вращающимся несбалансированным якорем, определяя по амплитуде и фазе возникающих колебаний соответственно величину и угловое положение уравновешивающих грузов.

В зависимости от типа балансировочного станка эти величины выявляются механическими, оптическими или электрическими способами.

На рис. 84 показана схема балансировочного станка типа МС-25 с электрическим способом измерения. Современные станки для динамического балансирования позволяют определить смещение центра тяжести якорей относительно оси вращения с точностью до 0,0001 *см*. Для повышения точности балансировки якорь устанавливают на опоры балансировочного станка ролико-

выми кольцами, а если они не смонтированы, то непосредственно шейками вала, предназначенными для посадки роликовых колец. Устанавливать якорь на опоры другими поверхностями вала не следует, так как между отдельными шейками вала допустима эксцентрич-

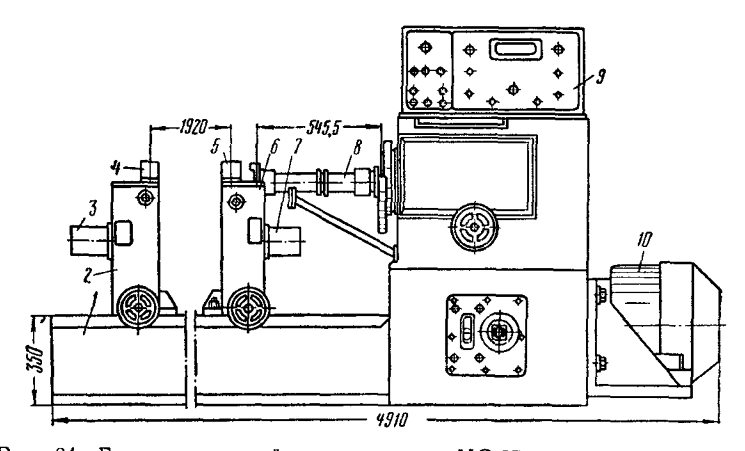


Рис. 84. Балансировочный станок типа МС-25 с электрическим способом измерения динамической неуравновешенности:

1 — станина; 2 — задняя стойка; 3, 7 — приводы стоек; 4, 5 — опоры для якоря; 6 — передняя стойка; 8 — шпиндель; 9 — панель управления; 10 — электродвигатель

ность, что само по себе может создать дисбаланс якоря выше допустимого. С этой же целью перед балансированием полностью заканчивают токарную обработку якоря, перецентровывают вал, протачивают по необходимости конус и шейки вала, полностью обрабатывают коллектор и пр. Для уменьшения величины уравновешивающих грузов необходимо стремиться расположить их на возможно большем расстоянии от оси вращения и возможно ближе к подшипникам в осевом направления якоря.

34. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СБОРКИ ЯКОРЕЙ

Основные виды проверки якоря, определяющие качество ремонта, следующие: испытание электрической прочности изоляции, выявление межвитковых замыканий и обрывов витков обмотки, проверка качества пай-

ки проводников катушек в петушках коллектора, соответствие размеров якоря чертежам и нормам, чистота и точность обработанных поверхностей вала и коллектора, прочность намотки бандажей и запрессовки текстолитовых клиньев, исправность резьбовых отверстий и др.

Испытание изоляции якоря на электрическую прочность. В процессе изготовления или ремонта якоря в зависимости от типа тягового двигателя и объема его заводского ремонта неоднократно проверяют электрическую прочность изоляции якорных обмоток. Эту проверку проводят после выполнения тех технологических операций, которые могут повлиять на качество изоляции, например после осадки обмотки, бандажировки якоря и т. д. В табл. 17 приведены величины испытательных напряжений для проверки электрической прочности изоляции обмоток якорей электрических машин.

Перед испытанием обмотки высоким напряжением сопротивление изоляции обязательно проверяют мегомметром.

Таблица 17

Наименование контрольной и технологической операций	Напряжение для расчета электрической прочности изоляции якоря в *в*	Испытательное напряжение в *в* для проверки изоляции после заводского ремонта	
		первого объема	второго объема
Проверка электрической прочности изоляции обмотки якорей высоким напряжением в течение 1 *мин* после:			
укладки уравнителей	3300	—	9100
	1600	—	5400
укладки нижнего слоя разрезной обмотки	3300	—	9100
укладки и осадки верхнего слоя разрезной обмотки	3300	—	8400
укладки и осадки неразрезной обмотки	3300	—	8400
	1600	—	5040
	Ниже 100	—	1650
бандажирования обмотки и токарной обработки коллектора	3300	6600	7600
	1600	3800	4500
	Ниже 100	825	1500

Для проверки сопротивления изоляции якорей, имеющих электрическую прочность по отношению к корпусу от 1000 до 3300 *в*, используют мегомметры с номинальным напряжением 2500 *в*, а для проверки изоляции низковольтных машин (тепловозные двигатели, генераторы управления и др.) применяют приборы с напряжением 1000—1500 *в*. Измеренная величина сопро-

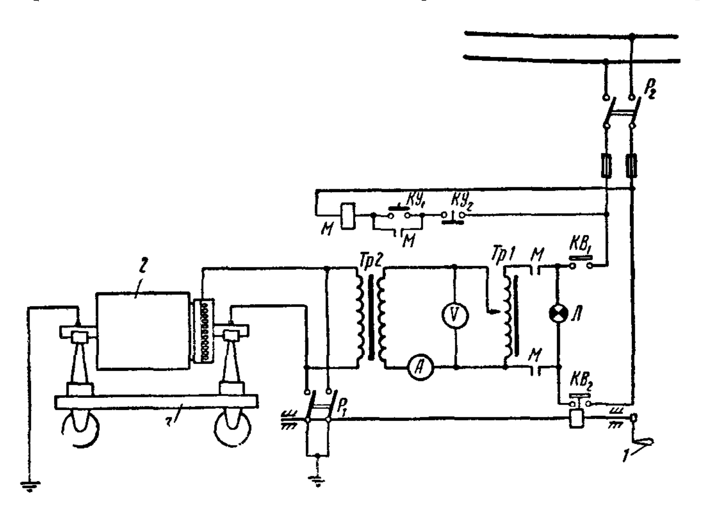


Рис. 85. Принципиальная схема стенда для испытания изоляции якоря на электрическую прочность:

1 — ручка механической блокировки $КВ_2$ и $Р_1$; 2 — испытуемый якорь; 3—тележка с опорами; **Тр1** — автотрансформатор; **Тр2** — повышающий трансформатор (220 в 12 кв); $КВ_1$ — конечный выключатель, связанный механической блокировкой с дверью стенда, $КУ_1$, $КУ_2$ — кнопки управления; М — магнитный пускатель

тивления изоляции зависит от длительности приложения напряжения, поэтому для сравнения результатов измерения с нормами показания по мегомметру берут только через 1 *мин* после приложения напряжения к испытуемой изоляции.

Испытательный стенд, принципиальная схема которого показана на рис. 85, оснащен повысительным трансформатором мощностью 12—15 *кв*, специальными опорами для установки якоря, потенциометром для плавного регулирования подводимого к обмотке якоря напряжения, контрольными приборами, аппаратурой управления и защиты. При испытаниях зажимы вто-

ричной обмотки трансформатора $Тр2$ подключают к коллектору и валу якоря, затем закрывают дверь стенда и ручкой *1* выключают заземляющий рубильник P_1, при этом в цепи первичной обмотки трансформатора замыкаются контакты $КВ_1$ и $КВ_2$, связанные механической блокировкой с дверью стенда и рубильником P_1. После этого рубильником P_2 и кнопкой $КУ_1$ подают питание в цепь катушки магнитного пускателя *М*, контакты которого подключат потенциометр Тр1 к сети напряжением 220 *в*, при этом загорается сигнальная лампа *Л* красного цвета.

Испытание изоляции начинают с напряжения, не превышающего одной трети номинального. Время постепенного повышения напряжения в обмотке якоря от половинного значения до полного должно быть не менее 10—12 *сек*. Номинальное испытательное напряжение (см. табл. 17) выдерживают в течение 1 *мин*, затем плавно снижают до нуля. После испытания отключают напряжение, а рубильником P_1 заземляют вторичную обмотку трансформатора. Одновременно с этим размыкаются контакты $КВ_1$ и $КВ_2$. Величину испытательного напряжения переменного тока частотой 50 *гц* для каждой последующей проверки электрической прочности изоляции якоря в процессе его заводского ремонта понижают на 10% по отношению к предыдущему испытанию.

Проверка качества пайки петушков коллектора. Качество припайки проводников обмотки к петушкам коллектора проверяют по падению напряжения, которое измеряют милливольтметром, питая обмотку от источника постоянного тока. Этот же способ применяют для выявления обрывов витков обмоток якорей, особенно вспомогательных машин.

После токарной обработки коллектора и продорожки межламельной изоляции на его рабочую поверхность по шагу обмотки устанавливают угольные контакты *1* (рис. 86), к которым через регулировочный реостат *3* подводят постоянный ток от аккумуляторной батареи *2* напряжением 6—12 *в*. Затем к каждой паре смежных коллекторных пластин поочередно присоединяют милливольтметр *mV*, обходя, таким образом, весь коллектор. Милливольтметр измеряет и показывает падение напряжения в витке обмотки, расположенном

между двумя соседними пластинами. Если в обмотке нет никаких дефектов, то все показания прибора будут почти одинаковы, отличаясь одно от другого на одно-два деления шкалы. Для удобства наблюдения за показаниями прибора реостатом *3* регулируют напряжение в электрической цепи таким образом, чтобы стрелка милливольтметра занимала среднее положение на шкале. Если отдельные показания стрелки милливольтметра окажутся выше, чем остальные, то это означает, что обмотка якоря имеет плохой контакт в местах припайки проводников к пластинам коллектора, или имеются надрывы проводников ее катушек.

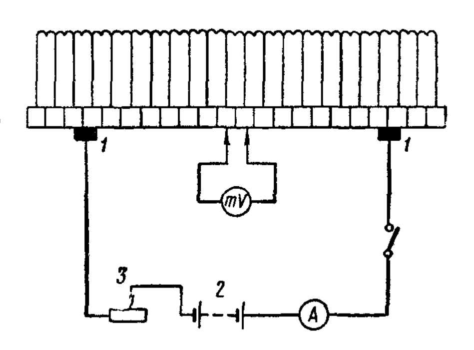


Рис. 86. Схема проверки качества обмотки якоря способом падения напряжения

При полном обрыве витка стрелка прибора будет показывать максимальное напряжение. Заниженное показание прибора указывает на межвитковое замыкание в обмотке якоря или короткое замыкание между коллекторными пластинами. Падение напряжения между соседними коллекторными пластинами измеряют при помощи специального щупа.

Во время проверки качества пайки якорей вспомогательных машин попутно обнаруживают возможные ошибки в присоединении отдельных проводников обмотки к коллекторным пластинам, допущенные при намотке якоря.

На рис. 87 показано несколько примеров неправильной сборки обмоток, наиболее часто встречающихся в практике ремонта якорей.

Одна из наиболее важных контрольных операций, определяющих качество якоря, — измерение омического сопротивления его обмотки. В зависимости от типа машины и номинальной величины сопротивления обмотки якоря применяют различные способы измерения. Сопротивления средней величины от 0,5 до 100 *ом*

(якорные обмотки вспомогательных машин) измеряют способом амперметра-вольтметра или при помощи одинарного моста. Малые сопротивления до 0,5 *ом* (обмотки якорей тяговых двигателей и генераторные обмотки вспомогательных машин) измеряют способом амперметра-вольтметра или двойным мостом. Для получения точных результатов измерения используют приборы класса точности 0,5. Для уменьшения погрешности при измерении малых сопротивлений якорных обмоток тяговых двигателей менее 0,01 *ом* предварительно измеряют сопротивление соединительных проводов и в дальнейшем вводят соответствующую поправку. Кроме того, особое внимание обращают на состояние контактов проводов, так как недостаточная чистота и плотность контактных соединений создают значительные переходные сопротивления, вносят большую погрешность в результаты измерений сопротивлений.

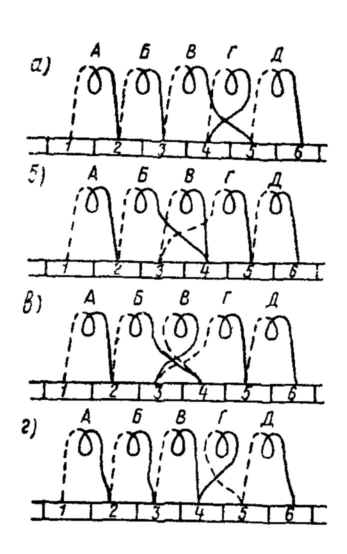


Рис. 87. Примеры неправильного присоединения проводников катушек к коллекторным пластинам при укладке обмоток якорей вспомогательных машин:

а — замыкание катушки **Г** на себя; б — перепутано соединение концов катушек **Б** и **Г**; в — случай «двойного креста»; г — случай «одинарного креста»

Во избежание ошибки сопротивление обмотки якоря измеряют не менее трех раз и принимают за искомое сопротивление среднеарифметическое значение результатов трех измерений. В табл. 18 приведены номинальные величины сопротивлений якорных обмоток тяговых двигателей и вспомогательных машин при температуре 20°С.

При заводском ремонте всех электрических машин измеренные сопротивления обмоток не должны превышать или быть ниже номинальных значений более чем на 8%.

Таблица 18

Тип электрической машины	Сопротивление обмотки якоря в *ом*	Напряжение на коллекторе в *в*	Напряжение для расчета электрической изоляции в *в*	Класс нагревостойкости изоляции
НБ-412М	0,0310	1450	1600	В
НБ-413	0,0115	900	1600	—
ДПЭ-400, НБ-411	0,0645	1500	3300	В
НБ-406Б	0,0473	1500	3300	В
ДК-103Г	0,2080	1500	3300	В
ДК-106Б	0,1650	1500	3300	В
ДК-106Б-2	0,1750	1500	3300	В
ТАО-649	0,0096	750	1500	Н
АЛ-4846еТ	0,0362	1500	300	В
НБ-429 А (двигатель)	9,35	3000	3300	А
НБ-429 А (генератор)	0,00376	36	50	В
ДК-401В (двигатель)	2,02	3000	3300	А
ДК-401 В (генератор)	0,00472	95	95	В
НБ-430А	4,01	3000	3300	А
НБ-431	22,0	3000	3000	А
НБ-404	16,5	3000	3000	А
ДК-403Г	12,3	3000	3300	А
ДК-402А	17,0	3000	3000	А
ДК-604Б	9,6	3000	3000	А
ДК-604 (генератор)	0,019	50	50	В
ДК-601Г	9,6	1500/3000	3300	А
ДК-405А	0,0251	50	50	В
ДК-405Б	0,0186	50	50	В
ДК-405К	0,0226	50	50	В
ДК-406	7,66	1500	1500	А

Проверка обмоток якорей на витковое замыкание методом трансформатора. В эксплуатации из общего числа повреждений обмоток якорей тяговых двигателей 15—20% связаны с межвитковыми замыканиями. При вращении якоря в магнитном поле главных полюсов в короткозамкнутом витке возникает электродвижущая сила, которая при незначительном сопротивлении витка вызывает в нем ток большой величины, приводящий к сильному перегреву проводников и тепловому разрушению изоляции. В зоне межвиткового замыкания обычно образуется очаг с выгоранием витков обмотки и изоляции, что в конечном счете приводит к пробою на корпус. Замыкание витка, резко ухудшая коммутацию

двигателя, может сопровождаться перебросами электрической дуги и образованием кругового огня на коллекторе.

Качество межвитковой изоляции можно контролировать, индуктируя э.д.с. в катушках якоря при помо-

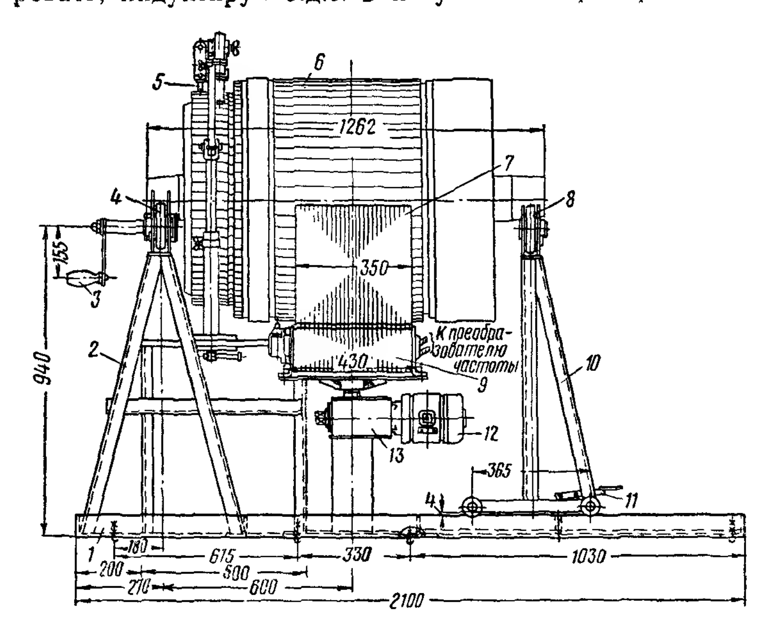


Рис. 88. Стенд для проверки витковой изоляции обмоток якорей тяговых двигателей:

1 — рама; 2 — неподвижная стойка; 3 — ручка вращения якоря; 4, 8 — роликовые опоры; 5 — щуп; 6 — испытуемый якорь; 7 — сердечник полюса; 9 — катушка; 10 — подвижная стойка; 11 — запор тележки; 12 — электродвигатель; 13 — редуктор механизма подъема полюсов

щи двух электромагнитных полюсов, обмотку которых питают переменным током повышенной частоты от 150 до 300 *гц*.

Стенд для такой проверки якорных обмоток (рис. 88) состоит из сварной рамы, двух роликовых опор, специальной стойки с полюсами и электроприводом для их подъема, двухмашинного агрегата для преобразования частоты переменного тока, контрольно-измерительных приборов и пульта управления. При испытании якорь устанавливают на роликовые опоры, чтобы его актив-

ная часть с обмоткой располагалась над полюсами стенда.

Принципиальная электрическая схема стенда для проверки обмоток якорей на межвитковые замыкания показана на рис. 89. Как видно из схемы, сердечник якоря замыкает магнитную систему полюсов установки, обмотка которых подключена к преобразователю частоты. Полюсы и якорь представляют собой трансфор-

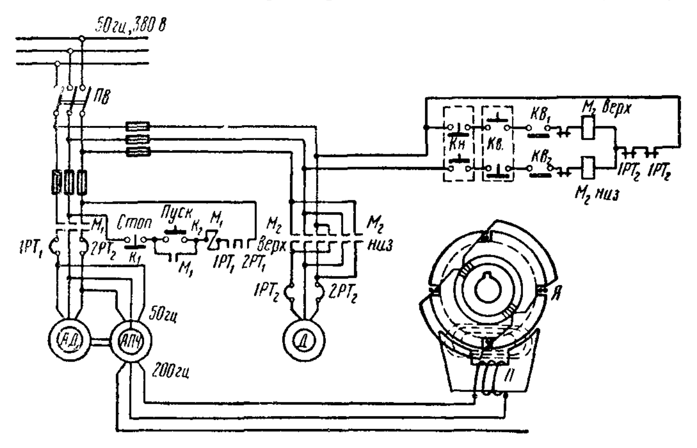


Рис. 89. Принципиальная электрическая схема стенда для контроля витковой изоляции обмоток якорей тяговых двигателей:

АД, АПЧ—двухмашинный агрегат, состоящий из асинхронного двигателя (АД) и преобразователя частоты (АПЧ); Д — электродвигатель подъема и опускания полюсов с катушкой; П—полюсы с катушкой; М —магнитный пускатель включения преобразователя частоты; $М_2$ — реверсивный магнитный пускатель; ПВ — пакетный выключатель; $КВ_1$, $КВ_2$ — конечные выключатели; Я — испытуемый якорь

матор, в котором вторичной обмоткой служат витки обмотки якоря. При протекании переменного тока повышенной частоты через катушки полюсов в витках обмотки якоря индуктируется э.д.с., вызывающая в короткозамкнутом витке ток значительной величины.

Пазы, в которых расположен короткозамкнутый виток обмотки, обнаруживают по дребезжанию и притяжению к соответствующим зубцам сердечника якоря стальной пластинки. При проверке эту пластинку поочередно прикладывают ко всем пазам якоря. Для повышения чувствительности проверки полюсы трансформатора устанавливают с минимальным зазором по от-

ношению к сердечнику якоря. Это позволяет получить максимальный магнитный поток в зоне короткозамкнутых витков якорной катушки. Якоря с петлевой обмоткой и уравнительными соединениями целесообразнее проверять, подключая милливольтметр поочередно к двум соседним коллекторным пластинам. При отсутствии витковых замыканий в обмотке показания прибора будут примерно одинаковые. Если же стрелка прибора отклоняется незначительно, то это указывает на короткое замыкание между коллекторными пластинами или витка обмотки якоря. В этом случае внимательно осматривают пластины коллектора и зачищают заусенцы между ними, после чего повторяют проверку. Определить повреждение межвитковой изоляции можно также по величине тока в первичной цепи трансформатора: при короткозамкнутом витке ток в первичной обмотке увеличится. В практике ремонта иногда вместо милливольтметра используют обычный щуп, которым поочередно замыкают между собой соседние коллекторные пластины. Если при замыкании или размыкании пластин щупом возникает электрическая искра, то обмотка нормальная, т. е. не имеет короткозамкнутых витков. Если искрение отсутствует, то соответствующий виток имеет короткое замыкание.

Этот способ чаще используют для проверки и одновременного устранения межламельных замыканий после пайки и токарной обработки коллектора.

Проверка межвитковой изоляции импульсным напряжением. Для импульсных испытаний изоляции обмоток якорей тяговых двигателей и вспомогательных машин применяют установку типа ИУ-57 (рис. 90), предназначенную для обнаружения следующих дефектов: явных витковых замыканий, слабых мест в межвитковой изоляции, мест пробоя обмотки якоря на корпус и т. д.

При изготовлении и ремонте якорных катушек витковую изоляцию выполняют с учетом возможности появления в контактной сети атмосферных (грозовых) и коммутационных перенапряжений. Величина возникающих при этом напряжений между витками обмотки якоря достигает иногда 500 *в*.

Рассмотренный выше способ проверки качества межвитковой изоляции при помощи седлообразного трансформатора и другие подобные методы не позволя-

ют создать в витках обмотки якоря достаточного испытательного напряжения 300—400 *в* и, следовательно, ряд дефектов изоляции при контроле не обнаруживают. Для выявления дефектов в межвитковой изоляции и проверки ее электрической прочности используют установки с выходным импульсным напряжением, регулируемым в пределах от 0 до 500 *в*. На рис. 91 показана принципиальная схема импульсной установки ИУ-57,



Рис. 90 Импульсная установка типа ИУ-57 для испытания межвитковой изоляции обмоток якорей на электрическую прочность

основные элементы которой следующие: блок развертки с тиратроном ТГ1-0,1/1,3, импульсного генератора ТГИ1-50/5, усилитель и катодный повторитель 6Н8С, блок питания и выпрямитель 2ЦГС, 6Ц5С, В1-0,1/30, электронный индикатор 13ЛО37И с емкостным делителем напряжения.

Для проверки изоляции на коллектор испытуемого якоря устанавливают электрод *А*, соединенный с выходом импульсного генератора $Л_4$. По обе стороны от электрода *А* строго симметрично устанавливают два других электрода *Б* и *В*, соединенных через делители напряжения $Д_1$ и $Д_2$ с отклоняющей системой электроннолучевой трубки $Л_5$ (см. рис. 91). При подаче импульса с тиратрона $Л_4$ через электрод *А* (рис. 92) по

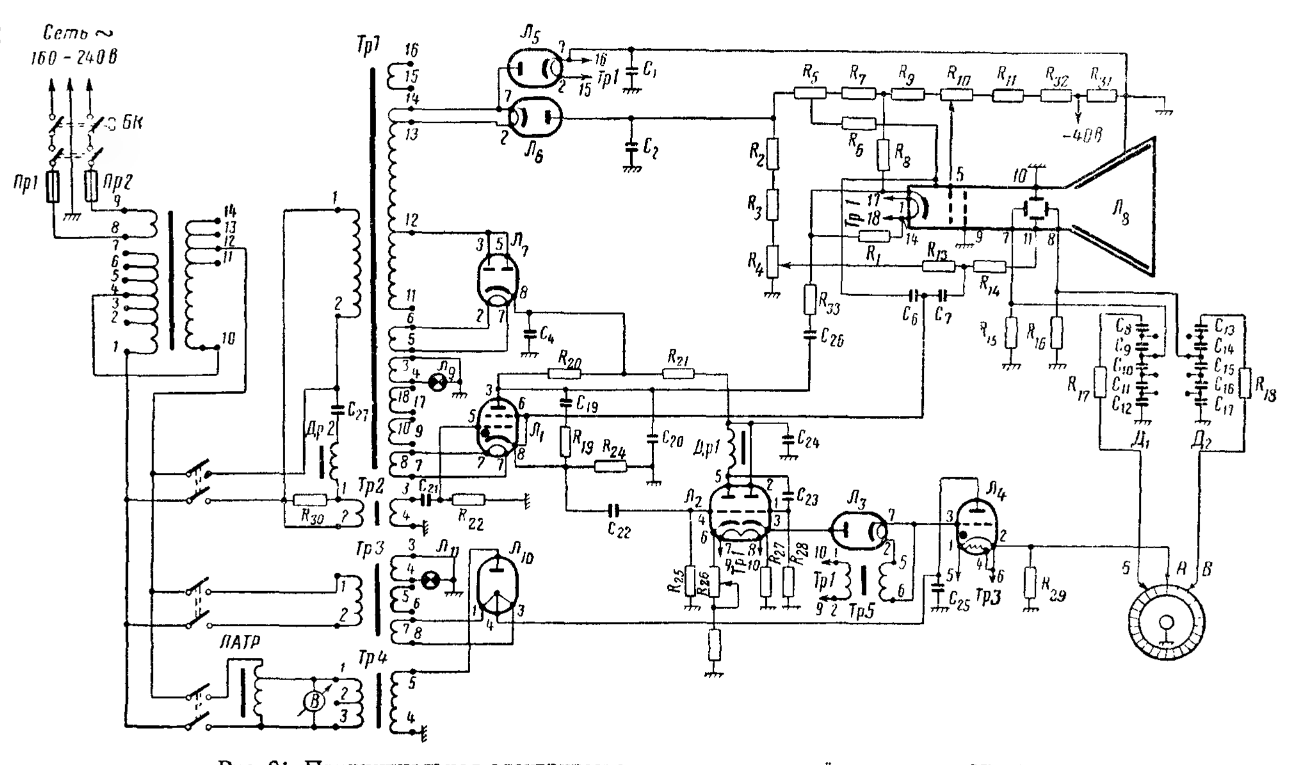


Рис. 91. Принципиальная электрическая схема импульсной установки ИУ-57;

$Л_1$ — тиратрон ТГ1-0,1/1,3; $Л_2$ — лампа электронная 6Н8С; $Л_3$, $Л_5$, $Л_6$ — лампы 2Ц2С; $Л_4$ — тиратрон ТГИ1-50/5; $Л_7$ — лампа 6Ц5С; $Л_8$ — электроннолучевая трубка 13ЛО37; $Л_9$ — $Л_{11}$ — лампы накаливания 6,3 **в**; $Л_{10}$ — лампа электронная В1-0,1/30; $Д_1$ $Д_2$ — делители напряжения; **Тр** — трансформаторы; **Др** — дроссели; **С** — конденсаторы; **R** — сопротивления

обеим параллельным ветвям обмотки якоря L_1 и L_2 будут распространяться волны высокого напряжения. Если сопротивления ветвей одинаковы по величине, то эти две волны достигнут электродов *Б* и *В* одновременно и на экране электроннолучевой трубки $Л_8$ будет видна прямая горизонтальная линия (рис. 92,*а*). Если же сопротивления ветвей L_1 и L_2 не одинаковы (что будет при замыкании витков или их обрыве), то на экране осциллографа появится кривая линия (рис. 92,*б*,*в*).

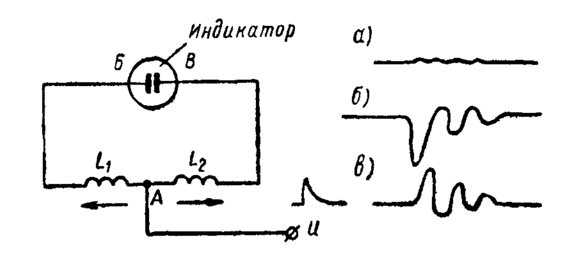


Рис. 92. Подача импульса высокого напряжения в обмотку испытуемого якоря:
а — замыкание отсутствует; б и в — замыкание проводников в ветви L_1 или L_2

В этом случае, поворачивая якорь, находят такое его положение, когда изображение кривой примет вид, показанный на рис. 93. Появление этой формы волны свидетельствует о нахождении пары замкнутых коллекторных пластин на участке между тремя электродами *А*, *Б* и *В*. Момент изменения полярности первого пика (всплеска волны вверх и вниз от горизонтали) означает, что пара замкнутых коллекторных пластин проходит через центральный электрод *А* в ту или другую сторону (рис. 93, *а* и *б*).

Для уточнения места повреждения используют специальный металлический щуп с хорошо изолированной ручкой, попеременно замыкая им соседние коллекторные пластины. Замыкание пластин щупом, между которыми находится короткозамкнутый виток, почти не изменяет форму кривой. Если же изоляция витка не повреждена, а замкнуты коллекторные пластины через угольную пыль или другое загрязнение, то изображение кривой при замыкании пластин щупом изменится.

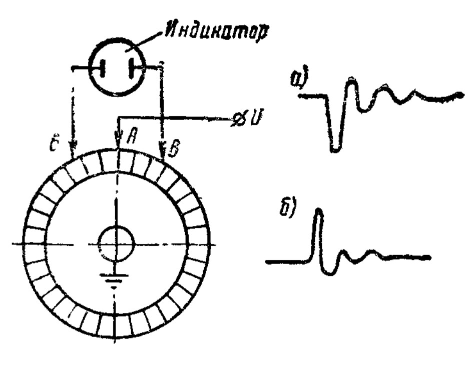


Рис 93 Определение места нахождения виткового замыкания:

а — замыкание у точки А со стороны электрода В; б — замыкание у точки А со стороны электрода Б

При замыкании щупом исправного витка на экране будет видно резкое изменение волны. При проверке якоря амплитуда волны импульса установки может достигнуть величины 4—5 *кв*, а рекомендуемое испытательное напряжение между витками обмоток должно быть не более 400 *в*. Поэтому в установке (см. рис. 91) предусмотрены делители напряжения $Д_1$ и $Д_2$, с помощью которых изменяют диапазон величин импульса. Кроме того, требуемую амплитуду испытательного напряжения в заданном диапазоне регулируют автотрансформатором типа ЛАТР и контролируют по вольтметру.

При испытании обмотки электроды *Б* и *В* (см. рис. 93) устанавливают на одинаковом расстоянии от центрального электрода *А*: через 10—15 пластин по каждую сторону коллектора для двигателей, имеющих волновую (НБ-411, ДК-106 и др.) обмотку и через 4—7 пластин для двигателей с петлевой обмоткой и уравнительными соединениями (НБ-406, НБ-412, ТАО-649 и др.).

Для определения места пробоя изоляции обмотки якоря на корпус присоединение электродов остается таким же, как и для испытания межвитковой изоляции (см. рис. 93).

Если при проверке обмотки на исследуемом участке коллектора расположена поврежденная якорная катушка, то после поднятия импульсного напряжения на экране появится кривая, изображенная на рис. 94,*а*. Форма этой кривой свидетельствует о нахождении поврежденной изоляции на участке трех электродов *Б*, *А* и *В* (см. рис. 93). При последующем вращении якоря амплитуда кривой в определенный момент достигнет ми-

нимального значения, что укажет на прохождение центрального электрода *А* через коллекторную пластину, соединенную с витком, имеющим поврежденную изоляцию (рис. 94,*б*).

Следует отметить, что импульсная установка хорошо реагирует на повреждения изоляции с переход-

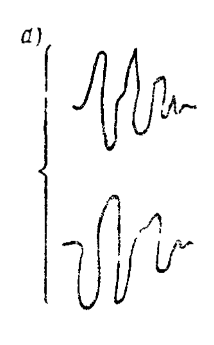


Рис. 94. Определение места пробоя изоляции обмотки якоря импульсным напряжением

а — повреждение изоляции между электродами Б, А и В; б — повреждение изоляции проводника, проходящего электрод А (см. рис. 93)

ным сопротивлением от 100 *ом* и менее. Величина амплитуды волны импульсного генератора в местах повреждения с большим переходным сопротивлением изменяется в очень малых пределах, что затрудняет выявление таких дефектов изоляции. При использовании испытательной установки типа ИУ-57 необходимо строго соблюдать правила безопасности при обслуживании высоковольтных установок.

35. ОТДЕЛКА ЯКОРЕЙ

После второй пропитки выполняют механическую и электрическую отделку якоря. Этот технологический процесс включает следующие операции: проточку и шлифовку коллектора и вала якоря, продорожку межламельной изоляции, монтаж лабиринтовых втулок, роликовых колец разъемных подшипников, снятие фасок с коллекторных пластин, окраску миканитового конуса и т. д.

Перед токарной обработкой с помощью люнета восстанавливают центры вала якоря, чтобы радиальное биение, измеренное индикатором по шейкам вала под посадку роликовых колец, не превышало 0,01—0,02 *мм*. Всю рабочую поверхность коллектора обрабатывают чисто, без черновин, но с минимальным съемом металла. При проточке же петушков коллектора оставляют небольшие контрольные черновины. После первой токарной обработки фрезеруют миканитовую изоляцию

между медными коллекторными пластинами. Эту операцию выполняют на специальном продорожечном станке (рис. 95), состоящем из станины, передней и задней бабок с вращающимися центрами и продорожечного механизма. Так как при продорожке коллектора выделяется большое количество очень мелкой слюдяной и медной стружки, продорожечный станок оборудуют мощной системой вытяжной вентиляции с циклоном для сбора и сепарации отходов резания. Для повышения эффективности вентиляции отсасывающий пылеприемник располагают как можно ближе к зоне стружкообразования (на расстоянии 20—30 *мм* от фрезы).

Коллекторный миканит фрезеруют специальными прорезными фрезами толщиной от 0,7 до 1,3 *мм* и диаметром не более 22 *мм*, которые изготавливают из стали марки Р18 или прессуют из порошков твердых сплавов (рис. 96). Для повышения износоустойчивости режущие зубья фрез из стали Р18 хромируют с толщиной слоя покрытия 0,02—0,03 *мм*. При фрезеровании межламельной изоляции целесообразен следующий режим резания: скорость вращения фрезы от 3000 до 4000 *об/мин*, глубина резания 1,5—2 *мм*, подача 1,8—2,2 *м/мин*. Для повышения производительности труда фрезеруют одновременно двумя фрезами, смонтированными на шпинделе станка на расстоянии друг от друга, равном толщине медной коллекторной пластины.

В последние годы некоторые заводы электропромышленности для продороживания коллекторов тяговых двигателей изготовили и внедрили специальные станки-полуавтоматы, которые обеспечивают автоматический поворот якоря на заданный центральный угол и возвратно-поступательное движение фрезерной головки. В таком станке (рис. 97), разработанном харьковским заводом «Электротяжмаш», в передней бабке 7 расположены механизмы привода и управления станком. В верхней части передней бабки на направляющих салазках установлена фрезерная головка 3, перемещаемая в горизонтальном направлении электроприводом. Эта головка имеет перемещение и в вертикальной плоскости, что позволяет фрезеровать коллекторы с диаметрами от 300 до 800 *мм*

Для продороживания коллектора якорь 8 устанавливают в центры станка. Вращение якорь получает от

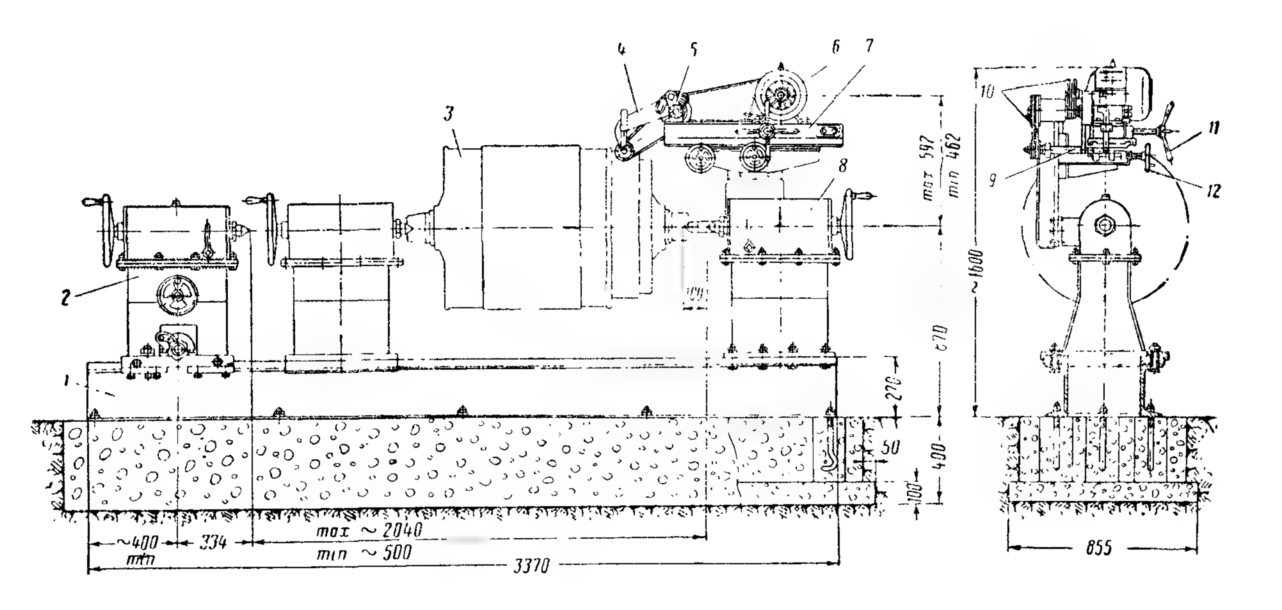


Рис. 95. Станок для продороживания межламельной изоляции коллекторов электрических машин:

1 — станина; 2 — задняя бабка; 3 — обрабатываемый якорь; 4 — продорожечное устройство: 5 — механизм перемещения продорожечного устройства в вертикальной плоскости; 6 — электродвигатель; 7 — каретка; 8 — передняя бабка; 9 — шпиндель; 10 — клиноременная передача; 11 — ручка перемещения каретки; 12 — механизм поперечного смещения фрезы

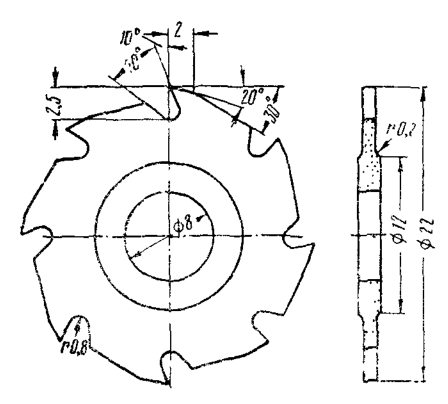


Рис. 96. Фреза из твердого сплава для продорожки коллекторов электрических машин

шпинделя передней бабки станка через поводок и механизм переключения муфты. Около фрезерной головки расположен щуп *4*, который при помощи маховичков подводят к торцу коллектора, создавая надежный контакт с его поверхностью, и закрепляют. Медные пластины коллектора через щуп *4* размыкают и замыкают электрическую цепь управления станка, подавая импульсы тока для автоматического включения и выключения механизма поворота якоря и согласованного перемещения фрезерной головки по салазкам при переходе фрезы с одного паза на другой.

На шпинделе фрезерной головки во избежание зарезов пластин устанавливают одну фрезу и один направляющий диск, который, передвигаясь по отфрезерованному пазу коллектора, как по копиру, корректирует движение фрезы. После продороживания изоляции якорь вновь устанавливают на токарный станок и протачивают коллектор по рабочей части с минимальной глубиной резания (не более 0,2—0,4 *мм*). Коллектор окончательно обрабатывают хорошо заточенным чистовым резцом с небольшой подачей, добиваясь высокой чистоты поверхности. Для уменьшения биения рабочей поверхности коллектора при вращении якоря в собранном двигателе (по Правилам ремонта это биение не должно превышать 0,03—0,04 *мм*) на некоторых заводах протачивают коллекторы, используя специальные приспособления.

Приспособление для обработки коллекторов якорей тяговых двигателей типов ДК-106 и УРТ-110 показано на рис. 98. Корпус приспособления *1* конусом Морзе устанавливают в пиноль задней бабки токарного стан-

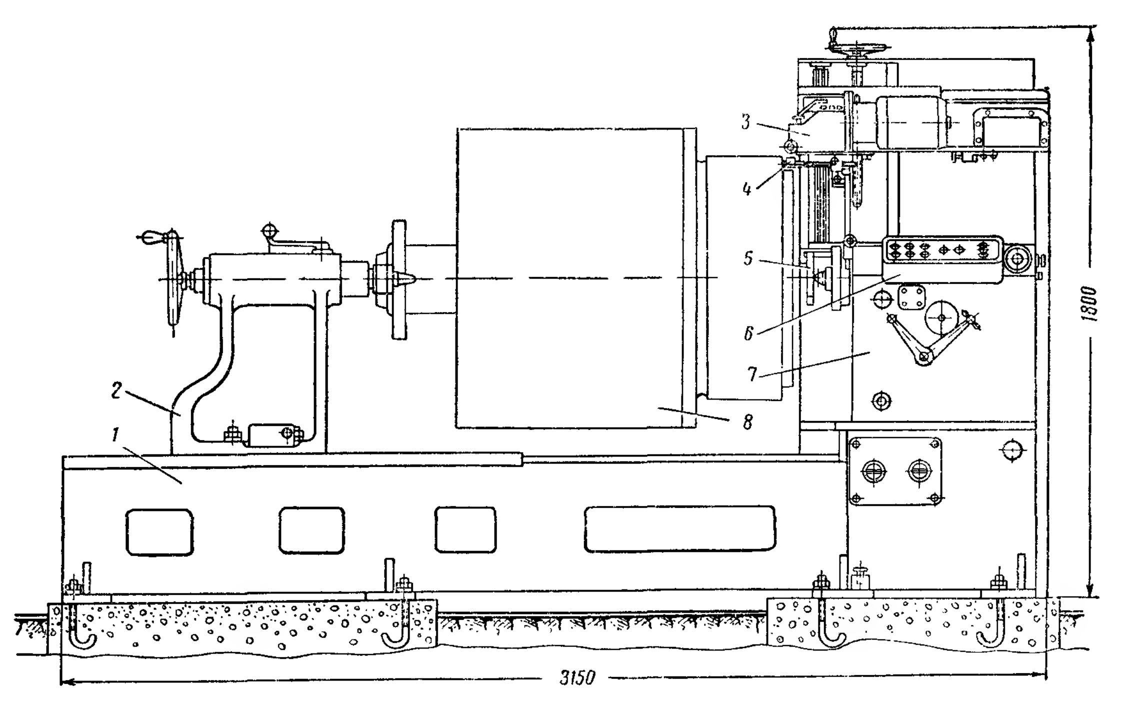


Рис. 97. Полуавтоматический станок для продороживания коллекторов электрических машин:
1 — станина; 2 — задняя бабка; 3 — фрезерная головка; 4 — щуп; 5 — поводок механизма переключения муфты; 6 — пульт управления; 7 — передняя бабка; 8 — обрабатываемый якорь.

ка. Якорь тягового двигателя со стороны коллектора опирают роликовым кольцом 5 на бронзовый вкладыш 4. С противоположной стороны вал якоря закрепляют или в четырехкулачковом патроне, или на планшайбе при помощи вращающегося центра и специального поводкового хомутика (рис. 99). Затем (см. рис. 98) закрывают верхний прижим 7, запирая его гайкой 8, после чего протачивают коллектор, обильно смазывая машинным маслом поверхности трения между роликовым кольцом и вкладышем 4. На рис. 100 показано приспособление с регулируемым центром для проточки коллекторов электровозных тяговых двигателей НБ-406, НБ-412 и др. После проточки коллектора, не снимая якорь со станка, специальным инструментом снимают фаски с коллекторных пластин. Сняв фаски, коллектор шлифуют сначала наждачной бумагой со стеклянным или кремниевым слоем зернистостью 16—12, а затем окончательно доводят рабочую поверхность до зеркального блеска шлифовальной бумагой на микропорошке марки Л.БШ-120.С.4 МВ.Б (ГОСТ 6456—62). Для равномерного шлифования коллектора принимают специальное приспособление (рис. 101). Державку 1 приспособления закрепляют в суппорте токарного станка.

Перемещая суппорт, подводят и прижимают шлифовальную бумагу 5 к рабочей поверхности коллектора, а затем шлифуют. Усилие прижатия шлифовальной бумаги к коллектору регулируют величиной упругого

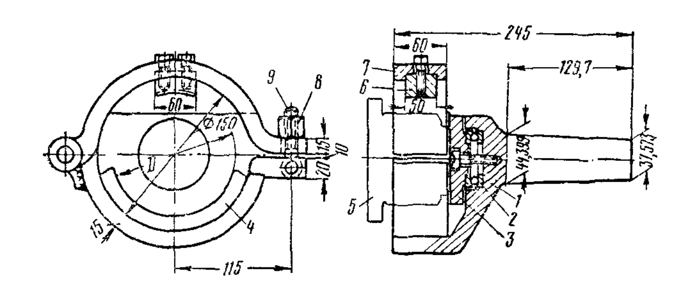


Рис. 98. Приспособление для токарной обработки коллекторов тяговых двигателей:

1 — корпус с конусом Морзе; 2 — упорный подшипник; 3 — упор; 4 — бронзовый вкладыш; 5 — роликовое кольцо обрабатываемого якоря; 6 — сухарь верхний; 7 — прижим; 8 — гайка; 9 — болт шарнирный

прогиба пластинчатой пружины 7.

Конус вала якоря под посадку малых шестерен шлифуют и притирают по краске. Контролируют конус вала специальным калибром, причем величина поверхности между конусом и калибром должна составлять не менее 65%.

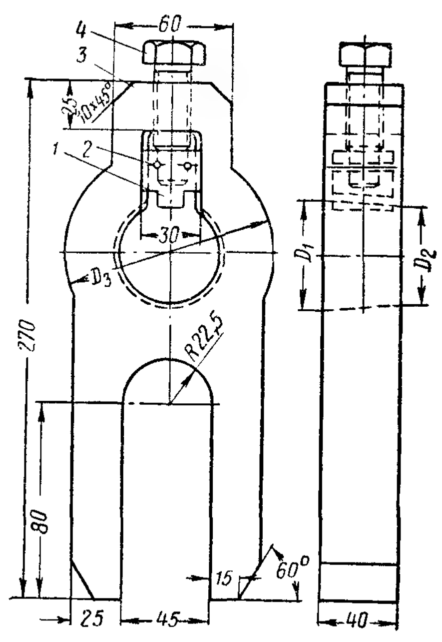


Рис. 99. Поводковый хомутик для токарной обработки якорей электрических машин:

1 — подвижная шпонка; 2 — штифт; 3 — корпус; 4 — болт специальный

Перед посадкой роликовых колец на шейки вала проверяют (особенно у якорей тяговых двигателей электровозов) базовые размеры между торцами лабиринтовых втулок, к которым прилегают роликовые кольца, а также расстояния между торцами петушков коллектора и торцами валов и втулок. На рис. 102 показаны основные проверяемые базовые размеры якоря двигателя НБ-406 с соответствующими допусками, соблюдение которых обеспечивает правильное положение коллектора относительно щеткодержателей в собранном двигателе, а также гарантирует заданную величину аксиального разбега якоря в подшипниках качения. Роликовые кольца, лабиринтовые и упорные втулки перед посадкой на шейки вала предварительно нагревают до 110—140°С в масляной ванне и в печах с индукционным подогревом или инфракрасными лампами. При любом способе необходим равномерный прогрев детали по всему сечению и строгий контроль максимальной температуры нагрева.

На рис. 103 показаны кинематическая и электриче-

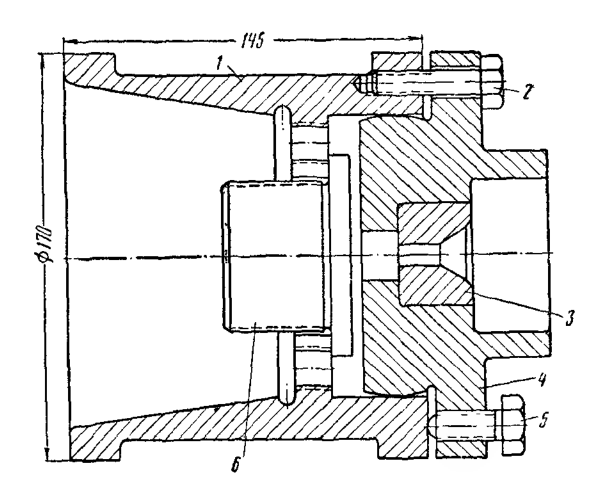


Рис. 100. Приспособление для чистовой токарной обработки коллектора электровозного двигателя:

1 — корпус; 2 — болт; 3 — сухарь с центром; 4 — шарнирный фланец; 5 — регулировочный болт; 6 — резьбовая пробка

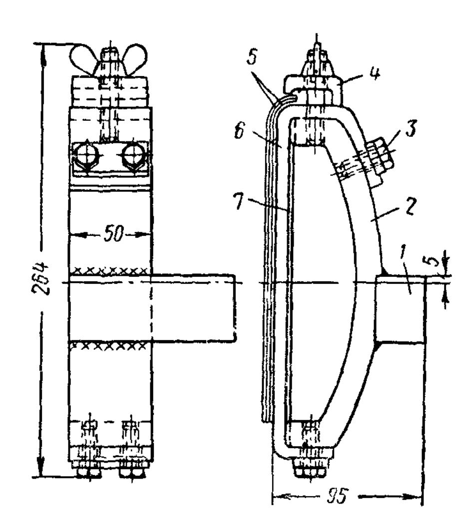


Рис. 101. Приспособление для шлифовки коллектора:

1 — державка; 2 — корпус; 3 — болт; 4 — прижим; 5 — шлифовальная бумага; 6 — войлок; 7 — пластинчатая пружина

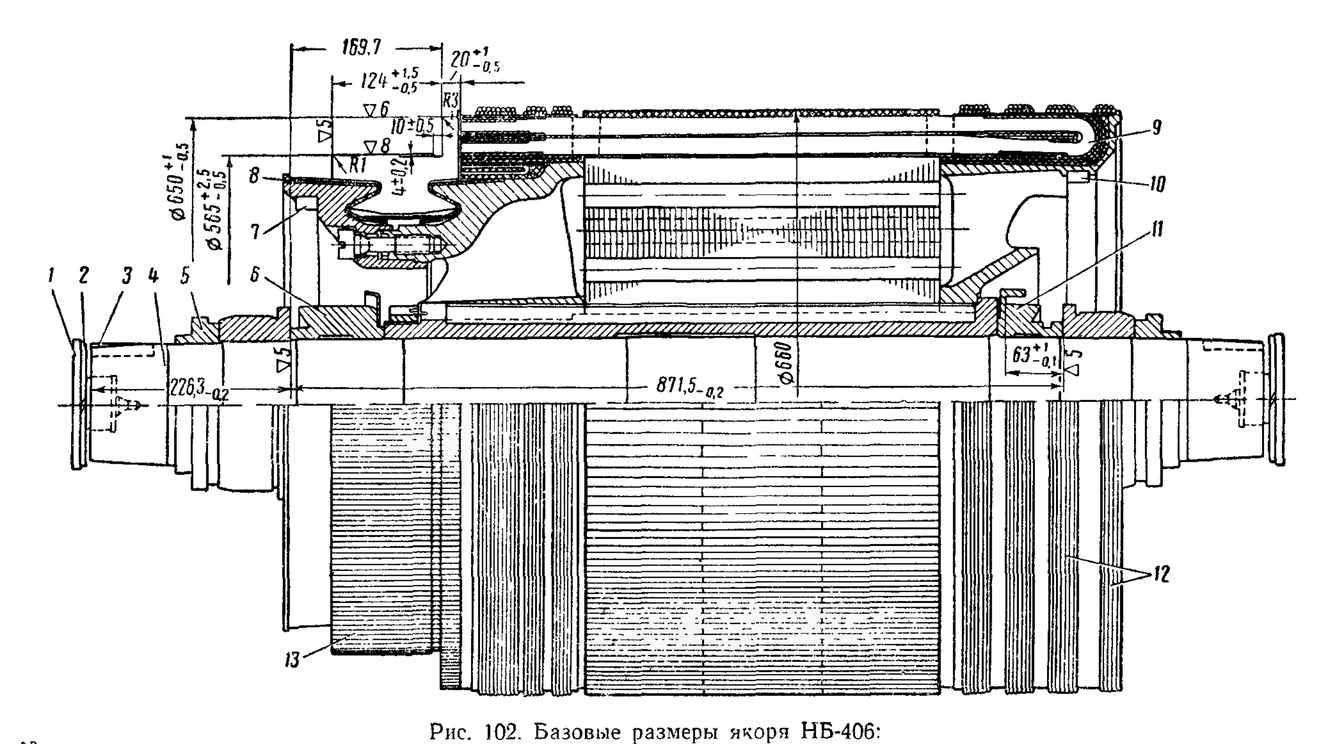


Рис. 102. Базовые размеры якоря НБ-406:

1 — гайка, 2 — шайба пружинная; 3 — шпонка; 4 — вал; 5 — втулка уплотнения; 6, 11 — кольца лабиринтовые; 7, 10 — балансировочные грузы; 8 — миканитовый конус; 9 — обмотка; 12 — бандажи; 13 — коллектор

ская схемы стенда-трансформатора для нагревания роликовых колец и лабиринтовых втулок тяговых двигателей.

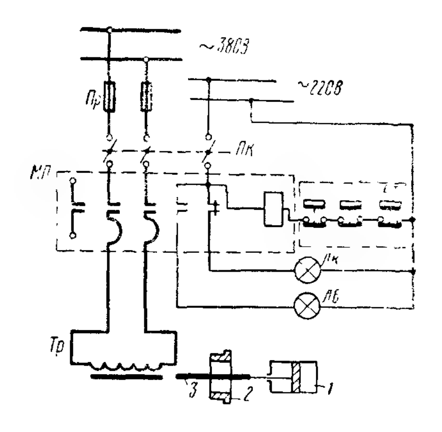


Рис. 103. Принципиальная схема стенда для нагревания роликовых колец подшипников тяговых двигателей

Трансформатор *Тр* подключают к сети переменного тока напряжением 380 *в*. При включении пакетного выключателя ПК и замыкании пневмоприводом *1* подвижной части *3* сердечника трансформатора, проходящего через отверстие роликового кольца *2*, нагреваемая деталь станет короткозамкнутым витком вторичной обмотки трансформатора и в ней возникнет э.д.с., которая создаст ток значительной величины и вызовет нагрев ее. При этом загорится сигнальная лампа *ЛБ* с белым стеклом. Электрическая схема стенда оснащена температурным реле *РТ*, термопарой или электроконтактным термометром, позволяющими автоматически регулировать температуру нагреваемой детали в заданных пределах. После окончания нагревания температурное реле отключит трансформатор и загорится красная сигнальная лампа *ЛК*.

VIII

ПРОПИТКА ИЗОЛЯЦИИ ЯКОРЕЙ

Применяемая в настоящее время изоляция тяговых двигателей состоит из органических и неорганических материалов. Высокая температура обмоток при работе тяговых двигателей вызывает разложение органических составляющих изоляции (лака, бумаги), что способствует возникновению пор в изоляции.

Разбрызгивание лака и размягчение его пленки при повторных нагревах создают возможности для перемещения катушек в пазах сердечника при вращении якоря, что вызывает механическии износ изоляции и может привести к ее пробою.

При заводском ремонте машин значительного улучшения качества изоляции достигают пропиткой обмоток специальными лаками. Пропитка повышает монолитность и электрическую прочность изоляции.

36. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОПИТКЕ ОБМОТОК ЯКОРЕЙ

Повышение пробивного напряжения изоляции при пропитке обмоток достигают за счет вытеснения воздуха и влаги из пор материала и промежутков между слоями изоляции пропиточным лаком, обладающим высокой электрической прочностью. Пропитка изоляции повышает ее механическую прочность вследствие увеличения сцепления между частицами материала. Кроме того, за счет меньшего теплового старения снижение электрической и механической прочности пропитанной изоляции происходит медленнее, чем непропитанной. Вытеснение воздуха из пор материала и заполнение их пропиточным лаком, обладающим более высокой теплопроводностью, улучшают отвод тепла, выделяющегося

в меди обмоток. Пропитка обмоток и покрытие эмалями повышают стойкость изоляции к воздействию пыли, смазочных масел, влаги и других загрязнителей. Поэтому свойства пропиточных лаков и компаундов в значительной степени предопределяют качество изоляции после пропитки.

Пропиточные лаки. Для пропитки изоляции тяговых электрических машин применяют специальные пропиточные лаки горячей (печной) сушки.

Электроизоляционные пропиточные лаки представляют собой коллоидный раствор пленкообразующих веществ (основы лака) в летучих органических растворителях с добавлением сиккатива для ускорения высыхания. При сушке растворители, содержание которых в пропиточном лаке обычно составляет 50—60%, улетучиваются, а основа лака переходит в твердое состояние, образуя лаковую пленку.

Битумно-масляные лаки. До настоящего времени в электропромышленности для пропитки обмоток электрических машин с изоляцией классов А и В наиболее широко применяют битумно-масляные лаки № 447 и 458. Основные достоинства этих лаков следующие: относительно низкая стоимость, недефицитность сырья, влагостойкость и достаточно высокие диэлектрические свойства в исходном состоянии. Однако в толстых слоях и в глубине обмоток битумно-масляные лаки плохо просыхают, поэтому после пропитки обмотки сушат значительное время.

Пропитанные этими лаками обмотки недостаточно монолитны, а их изоляция немаслостойка и требует специальных покрытий. Они не обладают достаточной нагревостойкостью и через сравнительно короткое время под воздействием высоких температур снижают свои механические и электрические свойства.

Добавляя в битумно-масляные лаки меламино-формальдегидную смолу (лаки 447М и 458М), сокращают время сушки, повышают их цементирующую способность и стабильность при хранении.

Термореактивные лаки. В Советском Союзе за последнее время разработаны и нашли применение новые фенолалкидные пропиточные лаки марок АФ-17 и ФЛ-98, обладающие термореактивными свойствами.

Основные свойства этих лаков и наиболее распространенного битумно-масляного лака № 447 приведены в табл. 19 [14].

Таблица 19

Наименование показателя	Марки лаков и их свойства*		
	447	АФ-17	ФЛ-98
Цвет	Черный	Светло-коричневый	Темно-коричневый
Содержание нелетучих в %	40	50—55	50—54
Вязкость по ВЗ-4 при 20°C в *сек.*	30—50	40—70	35—60
Продолжительность высыхания при 120°C в *мин.*	40	60—120	90—120
Теплостойкость при 150°C в *ч*	7—11	30—60	30—60
Электрическая прочность в *кв/мм*:			
в исходном состоянии	101	70—100	80—115
после пребывания в воде при 20°C в течение 24 *ч*	25	40—70	60—90
Цементирующая способность в *кг*:			
после сушки в течение 34 *ч* при 20°C	15	37	32
„ 100°C	0,5	6,1	6,0

* По данным Всесоюзного электротехнического института им. В. И. Левина (ВЭИ).

Из термореактивных лаков при изготовлении и ремонте тяговых электрических машин для пропитки обмоток якорей наибольшее распространение получил термореактивный пропиточный лак ФЛ-98 (б. АРБ-1), изготовляемый по ТУ ЯН-86—59. Этот лак представляет собой смесь растворов смол алкидной АК и бутоксикрезольноформальдегидной РБ в соотношении 70:30 (в пересчете на основы лаков). В качестве разбавителя лака ФЛ-98 применяют смесь уайт-спирита и ксилола. Для пропитки применяют лак ФЛ-98 с 35—50%-ной концентрацией и последующей сушкой изделий при температуре 130—140°C. Лак ФЛ-98 высыхает за 1,5—2 *ч* и дает теплостойкость 60 *ч* при 150°C, т. е. в 8 раз большую, чем теплостойкость лака № 447.

Испытания и применение лака ФЛ-98 на заводах НЭВЗ, РЭЗ, МЭМРЗ и др. показали, что он хорошо

просыхает в толстом слое, дает неразмягчающуюся при повторном нагреве пленку и обеспечивает необходимую цементацию витков обмотки. Способность лака ФЛ-98 просыхать в толстом слое позволяет при более полном насыщении обмотки лаковой основой ликвидировать его выбрызгивание из якоря на полюсы и исключить из технологического процесса вращение якоря после пропитки на специальном станке для удаления излишков лака.

При изготовлении и заводском ремонте тяговых электромашин применяют два способа пропитки обмоток якорей: пропитку якоря в автоклаве с применением давления, называемую пропиткой нагнетанием, и пропитку погружением якоря в лак при атмосферном давлении, называемую пропиткой окунанием. Для более глубокого проникновеиия лака при первой пропитке обычно применяют лак ФЛ-98 малой вязкости с содержаиием основы 30—25%, а при последующих пропитках вязкость лака повышают, увеличивая количество основы до 50—40%. Вязкость лака ФЛ-98 для указанных способов пропитки обмоток в зависимости от его температуры приведена в табл. 20.

Таблица 20

Способ пропитки	Вязкость лака ФЛ-98 в *сек* по ВЗ-4 при температуре в °С						
	15	20	25	30	35	40	45
Нагнетанием . .	34—44	35—40	30—32	24—25	23—25	22—24	21—24
Окунанием . .	45—55	40—50	35—40	30—38	28—30	25—26	23—26

Как уже отмечалось, одним из важных свойств пропиточных лаков является цементирующая способность, т. е. способность лака повышать после пропитки и сушки монолитность якорной обмотки. Данные для сравнения цементирующей способности лаков ФЛ-98 и № 447 после двукратной пропитки и сушки в течение 24 *ч* приведены в табл. 21, а зависимость степени цементации от времени сушки — в табл. 22.

Из табл. 21 и 22 видно, что усилия вырывания катушек из пазов при пропитке лаком ФЛ-98 в 2—3 раза больше, чем лаком № 447; цементирующая способность

Таблица 21

Пропитка обмоток в лаке	Усилие вырывания катушек в *кГ* при температуре сердечника якоря в °С					
	20	50	80	100	120	140
№ 447	50	15	12	10	8	6
ФЛ-98	290	225	210	102	92	75

катушек якорей, пропитанных лаком ФЛ-98, после 12 *ч* сушки практически не меняется. Установлено, что сопротивление изоляции обмоток якорей после пропитки в лаке ФЛ-98, измеренное мегомметром при температуре 115—125°С, как правило, в 2—3 раза ниже, чем после пропитки в лаке № 447.

Испытания, проведенные ЦНИИ МПС, показали, что это пониженное сопротивление изоляции не влияет на ее электрическую прочность. При разборке обмоток якорей выявлено, что после пропитки в лаке ФЛ-98 крепление секций в пазах сердечника более прочное, а распределение лаковой пленки на поверхности изоляции более равномерно, чем после пропитки в лаке № 447. Этим в некоторой степени объясняют снижение сопротивления изоляции при пропитке обмоток в термореактивных лаках, так как равномерное распределение лаковой пленки в пазах увеличивает контактную поверхность пакета стали сердечника с изоляцией.

Полиэфирные лаки. Сравнительно недавно в Советском Союзе Всесоюзным научно-исследовательским институтом (ВНИИЭМ) были разработаны про-

Таблица 22

Наименование показателя	Цементирующая способность катушек якорей, пропитанных лаком ФЛ-98 в зависимости от времени сушки в *ч* *					
	6	8	12	16	20	24
Усилие вырывания катушки из паза в *кГ*	22	49	125	105	100	120

* По данным Всесоюзного научно-исследовательского института электровозостроения (ВЭлНИИ).

питочные составы типов КП-10, КП-18 и др., не содержащие растворителей. Такие составы, часто называемые лаками без растворителей, представляют собой смесь жидких полиэфирных смол термореактивного типа, обладающих большой скоростью полимеризации. По вязкости и изоляционным свойствам составы типа КП в основном соответствуют обычным глифталевым лакам на органических растворителях, но отличаются от последних быстрым и полным высыханием в глубине пропитанных обмоток, а также высокой цементирующей способностью. Специальные исследования и опытные пропитки обмоток электрических машин с изоляцией классов А и В в составах КП показали, что по своей надежности они превосходят изоляцию обмоток, пропитанных битумно-масляными лаками. Внедрение этих лаков позволяет уменьшить технологический цикл пропитки за счет резкого сокращения времени нагрева и сушки обмоток, а это способствует организации поточного производства при изготовлении и заводском ремонте обмоток.

Нагревостойкие кремнийорганические лаки. Повышения надежности работы тяговых двигателей в эксплуатации можно достигнуть путем применения кремнийорганических лаков в сочетании со слюдой и стекловолокнистыми материалами. Высокая нагревостойкость кремнийорганических полимеров сочетается с хорошей влагостойкостью и высокими диэлектрическими свойствами.

Из пропиточных кремнийорганических лаков наибольшее распространение получили полиорганосилоксановые лаки ЭФ-3БСУ, К-47 и К-57. Эти лаки представляют собой растворы кремнийорганических смол в растворителях с добавлением сиккатива.

Лак ЭФ-3БСУ не является термореактивным, поэтому не позволяет получить хорошую цементацию обмоток в пазах сердечников якорей.

Обмотки электрических машин, пропитанные кремнийорганическими лаками, подвергают сушке при температуре 180—200°С в течение 8—12 *ч*. Лак К-47 допускает сушку при 150°С, а для лака К-57 температура сушки может быть повышена до 250°С. Лак К-57 отличается высокой нагревостойкостью и хорошей клеящей и пропитывающей способностью. В последнее время

ВЭИ для пропитки обмоток разработан новый кремнийорганический лак КО-947.

Покровные лаки и эмали. Заполнение пор и промежутков между частицами изоляции при пропитке не обеспечивает надлежащего состояния поверхности. Покрытие поверхности обмоток электрических машин покровными лаками и эмалями улучшает качество пропитанной изоляции, так как создает слой защитного лакового покрытия, предохраняющий изоляцию от механических повреждений и загрязнений.

Для лакировки и отделки пропитанных обмоток применяют покровные лаки и эмали воздушной или печной сушки, которые образуют твердое блестящее покрытие, обладают хорошей адгезионной способностью, легко наносятся и сравнительно быстро сохнут.

При окраске изоляции обмоток, предварительно пропитанных в битумно-масляном лаке № 447 или 458, для получения маслостойкой пленки применяют глифталевый лак ГФ-95 (б. 1154) с последующей сушкой в печи в течение 5 *ч*. В связи с маслостойкостью термореактивных лаков АФ-17 и ФЛ-98 обмотки якорей после пропитки в них не требуют покрытия маслостойкими лаками.

Хорошее покрытие получают при лакировке обмоток с изоляцией классов А и В серыми глифталевыми эмалями. При деповском ремонте электромашин якоря, пропитанные на заводе в лаке ФЛ-98, не пропитывают, а только красят снаружи серой эмалью ГФ-92-ХС или ГФ-92-ГС.

Для лакировки и отделки изоляционных деталей конусов и чехлов электрических машин с изоляцией классов А и В применяют глифталевые красные эмали ГФ-92-ХК и № 1201. Эти дугостойкие эмали воздушной сушки изготавливают на основе масляно-глифталевых и нитроцеллюлозных лаков с добавлением сиккатива и цементирующего состава.

Для нанесения электроизоляционных защитных покрытий на пропитанные обмотки электрических машин с рабочими температурами, соответствующими классам изоляции F и H, в Советском Союзе разработали и применяют нагревостойкие покровные эмали на основе кремнийорганических полимеров ПКЭ-14, ПКЭ-19, ПКЭ-22 и др. Эмаль ПКЭ-14 требует сушки в течение

8—10 *ч* при температуре 180—200°С. Эмали ПКЭ-19 и ПКЭ-22 в присутствии ускорителей отвердения высыхают за это же время при 120—130°С. Это позволяет применять их в сочетании с изоляцией класса В при изготовлении электрооборудования для стран с влажным тропическим климатом.

В последнее время выпускают теплостойкие кремнийорганические эмали воздушной сушки ПВЭ-2, ПВЭ-6 и ПВЭ-7, которые обычно используют для наружной окраски катушек полюсов и заделки дефектов на изделиях, покрытых эмалями печной сушки. Эти эмали высыхают при температуре 20°С. Для этих же целей ВЭИ разработана новая кремнийорганическая эмаль воздушной сушки КО-911.

37. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОПИТКИ И СУШКИ ОБМОТОК ЯКОРЕЙ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Режимы пропитки обмоток якорей термореактивным лаком ФЛ-98. Как указывалось выше, изоляцию обмоток якорей тяговых двигателей и вспомогательных машин пропитывают в термореактивном лаке ФЛ-98 для получения монолитной, прочно сцементированной обмотки и обеспечения надежной работы тяговых машин в тяжелых условиях эксплуатации электроподвижного состава и тепловозов.

Технологический процесс сушки и пропитки обмоток якорей в термореактивном лаке ФЛ-98 при заводском ремонте тяговых двигателей состоит из следующих основных стадий: очистки якорей от загрязнителей, сушки перед первой пропиткой, пропитки под давлением, сушки после этой пропитки, сушки перед второй пропиткой, второй пропитки окунанием и сушки после нее.

Очистка якорей. Поступающие в пропитку якоря электрических машин должны быть тщательно очищены от пыли, грязи и посторонних включений. Пропитка неочищенной и невысушенной изоляции ухудшает ее качество, потому что загрязнители и влага, оставшиеся в порах изоляции, снижают ее электрические свойства. Таким образом, якоря очищают для повышения качества пропитанной изоляции, а также для то-

го, чтобы в лак не попадали масло, вода, угольные частицы, стружка и другие загрязнители.

Перед пропиткой обмоток якорей особое внимание уделяют предварительной очистке металлических частей, постоянно соприкасающихся с изоляцией (поверхностей задней нажимной шайбы, вентилятора, металлических бандажей, сердечника и т. п.). Вентиляционные каналы сердечников якорей очищают, продувая их сухим сжатым воздухом при давлении 2—3 *ат* в специально оборудованных камерах с интенсивной вытяжной вентиляцией.

Сушка перед первой пропиткой. Перед пропиткой обмоток якорей изоляцию сушат для удаления из нее летучих веществ и влаги.

Для этого периодически измеряют сопротивление изоляции и строят график зависимости сопротивления от времени сушки (кривую сушки). Время, после которого сопротивление изоляции практически становится неизменным, и будет целесообразным временем сушки. Чем выше температура сушки, тем быстрее происходит удаление летучих и влаги из обмотки якоря. Однако температура сушки для каждого класса изоляции должна быть ограничена в зависимости от ее нагревостойкости во избежание ускоренного старения при сушке. Следует учитывать, что повышение температуры сушки на 8—10°С сверх определенных значений в два раза ускоряет процесс старения изоляции.

В табл. 23 приведены рекомендуемые значения оптимальных и максимально допустимых температур сушки для каждого класса изоляции.

Таблица 23

Класс изоляции	Оптимальная температура сушки в °С		Максимально допустимая температура сушки в °С
	при атмосферном давлении	в вакууме	
A	110—120	80—100	130
B	130—140	100—120	150
F	140—160	100—120	180
H	175—185	100—120	200

При вакуумной сушке удаление летучих и влаги из обмоток происходит значительно быстрее, что позволяет снизить температуру сушки. При этом целесообразно сначала нагреть обмотку при атмосферном давлении, а затем сушить под вакуумом. На первую пропитку якоря электровозных тяговых двигателей поступают с временными бандажами, запаянными коллекторами и запрессованной электроизоляционной пастой ПХ-1, если она предусмотрена чертежами обмотки.

Якоря двигателей НБ-412, НБ-406, НБ-411 пропитывают после постановки текстолитовых клиньев, крепящих обмотку в пазах сердечника.

Якоря моторвагонных и тепловозных тяговых двигателей, а также вспомогательных машин всех типов пропитывают вакуум-нагнетательным способом и окунанием последовательно, без возврата их в цех. При этом на пропитку поступают якоря после забивки текстолитовых клиньев, запрессовки пасты ПХ-1, если она предусмотрена конструкцией, и постановки постоянных проволочных или стеклянных бандажей.

Установлено, что для наиболее быстрого и полного удаления влаги из обмоток с изоляцией класса В температура сушки в печи при атмосферном давлении должна находиться в пределах 130—140°С. В случае применения вакуумной сушки эту температуру соответственно снижают, и для тяговых двигателей она может быть принята равной 100—105°С. В начале сушки температуру в печи поднимают медленно, так как необходимо предварительно нагреть изделия до температуры сушки. Сушка обмоток с изоляцией классов А и В при температуре менее 100°С является неэффективной, поэтому время сушки начинают отсчитывать с момента, когда температура достигает 100°С. Прерывать процесс сушки, открывать печь или автоклав и выгружать или загружать изделия, как правило, не следует. Если же такая необходимость возникла, то установленное время сушки увеличивают примерно на 30 *мин* после каждого открывания печи. Критерий окончания сушки — установившееся сопротивление изоляции. Сопротивление изоляции обмоток якорей после сушки перед первой пропиткой должно быть при температуре 100—110°С не ниже 5 *Мом* для машин на 3000 *в*, не ниже 3 *Мом* для машин на 1500 *в* и 2 *Мом* для машин на 100 *в* и ниже.

Если сопротивление изоляции в конце режима сушки не достигло нормированного значения, то сушку якоря необходимо продолжить до получения вышеуказанных величин сопротивления изоляции обмоток. По окончании сушки якорь перегружают в автоклав для пропитки.

Время сушки обмоток якорей тяговых электромашин практически нормируют в зависимости от типа и габарита изделия, конструкции изоляции, температуры печи и т. п. На заводе МЭМРЗ время нахождения якоря в печи перед пропиткой составляет 10 *ч* для электровозных двигателей и 5 *ч* для моторвагонных, тепловозных и всех типов вспомогательных машин.

Первая пропитка. Проникновение лака в обмотку происходит за счет капиллярных сил и давления, оказываемого весом лака. На основании многолетнего опыта ремонта тяговых двигателей на заводе МЭМРЗ установлено, что вакуумирование удаляет влагу и воздух из пор и капилляров изоляции, облегчая проникновение туда пропитывающего лака. Если к лаку, засосанному в обмотку под вакуумом, приложить повышенное давление, то он быстрее и глубже будет проникать в поры изоляции.

Пропитка в термореактивном лаке ФЛ-98 при температуре якоря более 80°С дает морщинистость лакового покрова и вызывает бурное кипение растворителей со значительным выделением вредных паров. Поэтому после предварительной сушки в циркуляционной печи якорь охлаждают до 60°С, а затем перегружают в пропиточный бак-автоклав. После уплотнения крышки и опробования автоклава на герметичность сжатым воздухом внутри его создают разряжение. Следует отметить, что некоторые заводы не применяют предварительное вакуумирование изоляции перед впуском лака. Это уменьшает глубину проникновения пропиточного лака, особенно в пазовые части обмотки якоря.

На заводе МЭМРЗ до впуска лака в автоклав якорь выдерживают не менее 30 *мин* под вакуумом 650—700 *мм рт. ст.*, после чего, не отключая вакуумную систему, впускают лак ФЛ-98. Вследствие испарения растворителей при хранении лака его вязкость и содержание основы в нем увеличиваются, затрудняя проникновение лака в глубь изоляции при пропитке обмоток. Вязкость лаков регулируют, добавляя растворители, а

количество основы изменяют добавлением свежего лака. Учитывая это, термореактивный лак ФЛ-98 перед пропиткой перемешивают и проверяют его вязкость, которая при 20°С должна быть в пределах 35—40 *сек* по ВЗ-4. При необходимости лак разбавляют смесью уайт-спирита с ксилолом в отношении 1:1.

Лак при температуре 20—40°С засасывается из лакохранилища в автоклав при помощи вакуума 200—250 *мм рт. ст.* Наполняя автоклав, нельзя допускать большого вспенивания и повышения уровня лака ближе чем на 20—30 *мм* до петушков коллектора.

После заполнения автоклава лаком отключают вакуум-насос, лакоприемник и нагнетают воздух или азот под давлением 2 *ат*. Якорь выдерживают под давлением обычно 30 *мин*, после чего отключают воздух, плавно открывают вентили лакоприемника и при давлении в автоклаве 0,5—1 *ат* удаляют лак. Отключив лакоприемник, якорь для стекания излишков лака выдерживают 30—50 *мин* в автоклаве при вакууме 550—600 *мм рт. ст.* Для стока излишков лака после выгрузки из автоклава якорь устанавливают в наклонном положении (под углом 30—45°) на специальные стойки и через 3—5 *мин* медленно поворачивают на 90°.

Во избежание образования запекшегося лакового налета на шейках и конусных частях вала якоря их вытирают концами, смоченными в смеси растворителей ксилола и уайт-спирита. Поверхности ленточного бандажа конуса коллектора окрашивают эмалью ГФ-92-ХК или 1201.

Сушка после первой пропитки. Эта сушка по своему назначению и режимам имеет два периода: первый — удаление растворителей и второй — полимеризация лаковой основы с образованием твердой пленки. Для удаления из лака летучих растворителей вполне достаточна температура порядка 80—100°С, поэтому в первый период сушки устанавливать более высокую температуру нецелесообразно и даже вредно. При более высокой температуре происходит весьма интенсивное испарение растворителей, что приводит к частичному вытеснению лака из пор изоляции и преждевременному созданию лаковой пленки, затрудняющей удаление остатков растворителей из глубины изоляции. Лучшего удаления растворителей можно достигнуть,

создав в печи вакуум 500—700 *мм рт. ст.* через 2—3 *ч* после начала сушки.

Для полимеризации лаковой основы и образования пленки необходимо длительное воздействие температуры, ускоряющее физико-химические процессы полимеризации и повышающее электрическую прочность изоляции. Высокую пропитывающую и цементирующую способность термореактивного лака ФЛ-98 получают вследствие совмещения двух его составных частей — алкидной АК и резольно-бутанизированной РБ, — взаимодействие которых — реакция полимеризации — происходит только при температуре выше 125°С. Поэтому при пропитке обмоток тяговых электромашин в лаке ФЛ-98 температура предварительной и окончательной сушки должна быть порядка 130—140°С.

Якоря электровозных двигателей на первую пропитку поступают с временными проволочными бандажами, чтобы не повредить изоляцию катушек при последующем снятии временных бандажей. Время сушки после этой пропитки сокращают до 5 *ч*. После сушки подтягивают болты коллектора и отправляют якорь для постановки миканитового и металлического фланцев (если они предусмотрены конструкцией) и постоянных бандажей.

Сушка перед второй пропиткой. Цель этой сушки — удаление паров влаги, которые проникли в поры изоляции и остались после первой пропитки. Так как открытых пор обычно остается немного, то перед второй пропиткой достаточно лишь выдержать якорь электровозного двигателя 5 *ч* в печи при температуре 120—130°С. Для якорей тяговых двигателей электропоездов подогрев перед второй пропиткой совмещают с сушкой после вакуумно-нагнетательной пропитки, который продолжают 10 *ч*, а тепловозных — 5—8 *ч*. После выгрузки якоря из печи его охлаждают, термопарой измеряют температуру обмотки, которая перед второй пропиткой должна быть не более 80°С.

Вторая пропитка. Цель этой пропитки — заполнение пор и пустот в изоляции, образовавшихся при сушке якоря после первой пропитки, а также пропитка деталей и изоляционных материалов, уложенных на якорь после первой пропитки (подбандажная изоляция, чехол и изоляция задних лобовых соединений якорей

тяговых двигателей НБ-411, ДПЭ-400 и ДПЭ-340). Перед отправкой якорей во вторую пропитку металлические бандажи очищают от канифоли, а сами якоря очищают от пыли, обдувая их сухим сжатым воздухом в продувочных камерах.

Для второй пропитки якоря погружают (окунают) в лак ФЛ-98 с содержанием основы 50—40% и выдерживают до прекращения выделения пузырьков воздуха, но не менее 8—10 *мин*. После пропитки удаляют излишки лака и вытирают вал, как и после первой пропитки.

Сушка после второй пропитки также состоит из двух периодов — удаления растворителей и окончательной полимеризации лаковой основы с образованием пленки на поверхности изоляции обмотки якоря. Удаление растворителей происходит при температуре 80—100°С, а полимеризация пленки — при 130—140°С. Некоторые заводы первый период сушат якоря в печах под вакуумом 600—750 *мм рт. ст.*, а второй — при атмосферном давлении. Якоря с креплением обмоток стеклобандажной лентой ЛСБ-F замыкают при температуре 145—155°С.

Необходимое время сушки после второй пропитки определяют по установившемуся электрическому сопротивлению изоляции обмотки якоря. На заводе МЭМРЗ продолжительность сушки после второй пропитки принята для якорей электровозных тяговых двигателей 25 *ч*, моторвагонных и тепловозных — 15 *ч* и для вспомогательных машин всех типов — 12 *ч*.

Величина сопротивления изоляции после пропитки обмоток в лаке ФЛ-98 и сушки должна быть для якорей электровозных тяговых двигателей не менее 1—0,8 *Мом*, для якорей моторвагонных и тепловозных — не менее 1,5—1,2 *Мом* и для якорей вспомогательных машин — не менее 1,5—0,5 *Мом*.

Приведенные нормы установлены для температуры обмоток 130—140°С, поэтому сопротивление изоляции измеряют при этой температуре в процессе сушки.

Особенности пропитки обмоток якорей вспомогательных машин. Режимы сушки до и после пропиток якорей вспомогательных машин электроподвижного состава в основном аналогичны соответствующим режимам сушки якорей тяговых двигателей. Проведенные на ряде заводов опытные работы по изучению проникающей и цементирующей способности термореактивного

лака ФЛ-98 позволили изменить и несколько упростить технологический процесс укладки обмоток якорей при заводском ремонте вспомогательных машин.

По старой технологии первую пропитку якоря проходили с временными бандажами, а вторую — после постановки постоянных бандажей. Это занимало 47 *ч* технологического времени ремонта вспомогательных машин. По новой технологии сразу же после укладки обмоток их осаживают, паяют концы в петушках коллекторов и ставят постоянные бандажи. Совмещение первой и второй пропиток позволило сократить технологическое время с 47 до 23 *ч*.

Обмотки двухколлекторных динамоторов и мотор-генераторов типов ДК-601, ДК-604, ДК-401, НБ-429 раньше пропитывали, обливая лаком № 447, а сейчас окунают вместе с коллектором в лак ФЛ-98. Это позволило удлинить их межремонтные пробеги.

Пропитанные в термореактивном лаке якоря после сушки не окрашивают маслостойкой эмалью, так как созданная на поверхности якоря и на обмотке пленка лака ФЛ-98 обеспечивает высокую маслостойкость. По старой же технологии якоря, пропитанные в битумно-масляном лаке № 447, по окончании сушки после второй пропитки обязательно окрашивали маслостойкой эмалью ГФ-92-ХС или лаком ГФ-95 и дополнительно сушили в печи 3—5 *ч* при 120°С.

Пропитка обмоток якорей кремнийорганическим лаком. Начало исследовательских работ по применению теплостойкой кремнийорганической изоляции в тяговых двигателях электровозов относится к 1951 г., когда по предложению, разработанному ВЭИ совместно с ЦНИИ МПС, завод МЭМРЗ изготовил два опытных тяговых двигателя ДПЭ-400. Затем в 1957 г. заводом НЭВЗ была изготовлена и выпущена партия из 66 двигателей ДПЭ-400 для 11 электровозов ВЛ-22м, якоря которых были выполнены на кремнийорганической изоляции с вакуумно-нагнетательной пропиткой в лаке ЭФ-3БСУ.

Технология применения кремнийорганической изоляции в тяговых двигателях не вызывает существенного изменения сложившегося производственного процесса изготовления и ремонта двигателей на заводах. Некоторое усложнение вызывает необходимость применения повышенных до 190—200°С температур для сушки и за-

печки изоляции. Первоначально перед пропиткой якоря сушат при температуре 100—105°С в течение 26 *ч*, а затем под вакуумом 680—750 *мм рт. ст.* при той же температуре 12—14 *ч*. Лак перед пропиткой проверяют на вязкость и вводят сиккатив в количестве 6% к основе лака.

Первую пропитку осуществляют в автоклаве лаком К-47 или ЭФ-3БСУ 40%-ной концентрации. После этого перекрывают кран, в автоклаве создают избыточное давление 2 *ат* и выдерживают якорь 30—45 *мин*. Якоря после первой пропитки, как правило, сушат в несколько этапов. Вначале для удаления из лака летучих составляющих подогревают якоря до 60—70°С и в печи создают вакуум 600 *мм рт. ст.*, что обеспечивает хорошие условия для кипения растворителей и удаления их из глубины обмотки. Сушку под вакуумом продолжают 3 *ч*, после чего вакуум снижают, якорь подогревают до температуры 100—110°С, снова устанавливают вакуум 700—750 *мм рт. ст.* и сушат еще 3 *ч*. На последнем этапе сушки запекают лаковую пленку в воздухе. Для этого открывают доступ атмосферному воздуху в печь и поддерживают температуру 190—200°С в течение 10—12 *ч*.

Перед второй пропиткой якоря сушат в печи при температуре 100—105°С в течение 26 *ч*, а затем их выдерживают под вакуумом 700—750 *мм рт. ст.* еще 3—4 *ч*. Вторая пропитка аналогична первой. Удалив излишки лака, якорь сушат так же, как и после первой пропитки. По окончании сушки сопротивление изоляции якоря при температуре 100°С должно быть не менее 5 *Мом*.

По окончании последней сушки подтягивают коллекторные болты на прессе или пневматическим гайковертом при температуре коллектора, обеспечивающей эластичность миканитовых манжет, т. е. не ниже 80°С. Ленточные бандажи миканитового конуса зачищают и покрывают ровным слоем эмали. Для якорей с изоляцией классов А и В применяют эмали воздушной сушки ГФ-92-ХК или 1201, а для якорей с кремнийорганической изоляцией миканитовый конус коллектора и всю поверхность обмотки покрывают тонким слоем теплостойкой эмали печной сушки ПКЭ-19 или ПВЭ-22 и подвергают дополнительной запечке в печи при температу-

ре 120—130°С в течение 8—12 *ч*. Все поверхности, покрытые эмалью, должны иметь твердую, гладкую и блестящую пленку, прочно связанную с основной изоляцией и не имеющую отслаиваний, морщин, вздутий, натеков и загрязнений.

После пропитки, сушки и покрытия обмоток эмалью якорь направляют на охлаждение и механическую обработку вала, коллектора и других узлов.

38. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ ОБМОТОК ЯКОРЕЙ

В процессе заводского ремонта тяговых двигателей и вспомогательных машин пропитка и сушка обмоток якорей занимают до 30—50% общего времени нахождения машин в ремонте. Поэтому от пропускной способности сушильно-пропиточного отделения зависят сроки выполнения ремонта. Следует учитывать, что увеличение числа обслуживающего персонала сушильно-пропиточного отделения практически не оказывает существенного влияния на увеличение его пропускной способности, которую в основном определяют: технологическое время сушки, правильный выбор полезного объема сушильных печей, применение современного оборудования для вакуумно-нагнетательной пропитки в лаках, максимальное сокращение вспомогательного времени за счет применения средств механизации и автоматизации контроля технологического процесса.

Способы сушки обмоток якорей. Существуют следующие способы сушки обмоток электрических машин: конвекционный, терморадиационный (лучистый) и токами высокой и нормальной частоты. Наиболее распространенный способ сушки обмоток конвекционный, когда изделия загружают в сушильную камеру, а нагрев их происходит в основном за счет передачи тепла горячим воздухом. Этот способ сушки требует значительного времени, потому что пропитанные обмотки начинают сохнуть с поверхности, и чем глубже распространяется процесс сушки, тем он протекает медленнее, так как наружный слой, высыхая, задерживает дальнейшее испарение растворителя из пропитанных обмоток.

При терморадиационном способе сушки изделия нагревают инфракрасными лампами или керамическими

излучателями. Тепловые лучи, как и световые, проходят расстояние от источника излучения до облучаемой поверхности почти без потерь. Практика показала, что сушка инфракрасными лучами пропитанных обмоток более эффективна по сравнению с конвекционным способом сушки. При инфракрасном излучении сушка в глубине обмоточных изделий идет интенсивнее, так как лучистая энергия превращается в тепловую за счет поглощения, свойственного данному материалу, и растворители испаряются быстрее. Это сокращает длительность сушки и снижает удельный расход электроэнергии. Однако при сушке инфракрасными лучами часто возникают местные перегревы, приводящие к образованию корок и пузырей на лакокрасочных покрытиях.

При индукционном способе сушки обмотки нагревают токами, индуктированными в изделиях пульсирующим магнитным полем, в которое помещают нагреваемые узлы машины.

Камерные сушильные печи. Обмотки якорей перед и после пропитки обычно нагревают и сушат в специальных сушильных печах, состоящих из корпуса и теплового агрегата. Сушильные печи бывают как однокамерные, так и многокамерные. Сушильные камеры обогревают непрерывно циркулирующим горячим воздухом, подогреваемым в выносных калориферах. В многокамерных печах обычно каждую камеру обслуживает отдельный тепловой агрегат, который состоит из вентилятора, калорифера и системы воздуховодов. Тепловые агрегаты, как правило, строят с частичной рециркуляцией отработанного воздуха, т. е. часть отработанного горячего воздуха выбрасывают наружу, а другую часть снова возвращают в сушильную камеру.

На ремонтных заводах широкое распространение получили сушильные печи камерного типа с принудительной циркуляцией воздуха. В тепловых агрегатах таких печей применяют паровой, электрический или масляный обогрев. Печи с нагревом воздуха в паровых калориферах до 110—130°С используют при наличии постоянно действующей котельной. Для сушки обмоток якорей, пропитанных в термореактивных и кремнийорганических лаках, требующей более высоких температур (порядка 140—200°С), применяют печи с электрическим или масляным обогревом.

Электрокалориферы обеспечивают более высокий нагрев, позволяют легко осуществить автоматическое регулирование температуры и обладают малой тепловой энерцией. При электрическом обогреве во избежание взрыва нельзя допускать соприкосновения смеси воздуха и паров растворителей с открытыми нагревателями калорифера. Для герметизации нагревательные элементы помещают в трубки с засыпкой из песка или заполнением из термостойких пластмасс. При такой конструкции смесь воздуха с парами растворителей лака омывает снаружи трубы и не имеет непосредственного соприкосновения с электрическими нагревателями и контактами.

Система вентиляции печи обеспечивает регулирование обмена и освежения воздуха. В начале сушки всю смесь воздуха с парами растворителей удаляют наружу, а в дальнейшем после удаления основной массы летучих для ускорения нагрева и экономии электроэнергии применяют многократную циркуляцию воздуха с минимально необходимым его освежением.

Для сушки обмоток якорей тяговых электрических машин на заводе МЭМРЗ применяют сушильные печи камерного типа с циркуляцией воздуха, один из блоков которых показан на рис. 104. Каркас печи, представляющий сварную конструкцию из швеллера и уголков проката, обшит листовой сталью. Пустотелые стенки печи заполнены теплоизоляционной стекловатой. Полезная площадь печи 3,9 *м*², а объем 6,9 *м*³. Воздух для сушки обмоток якорей нагревают в электрокалорифере мощностью 68,2 *квт*, который питают от сети 380 *в*. Поток воздуха в печи регулируют редукционным клапаном и шибер-заслонками, установленными на воздуховодах, выполненных из листовой стали. Наружные части воздуховодов имеют теплоизоляцию, а внутренние — форму, обеспечивающую равномерное распределение воздушного потока по сечению камеры.

В верхнем поясе печи смонтирован центробежный вентилятор типа ЭВР-4 производительностью 3000 *м*³/*ч* при 1440 *об/мин* и напоре 57 *кГ/м*². Так как вентилятор перемешивает взрывоопасную смесь воздуха и паров растворителей, его ротор выполнен из цветного металла. Постоянное вентилирование камеры и поддержание в ней давления, меньшего, чем атмосферное, препятству-

ют выходу вредных газов в помещение как в процессе загрузки, так и при сушке. Для контроля температуры в печи установлены термопары. Одна из них соединена с электроконтактным самопишущим потенциометром типа ЭПД-12, который по условиям взрывобезопасности смонтирован в изолированном помещении.



Рис. 104. Блок сушильных печей

Двери сушильных печей поднимает и опускает индивидуальный механический привод, который перемещает их со скоростью 10 *м/мин*. Для плавного движения по направляющим двери уравновешены грузами и имеют амортизаторы, смягчающие удары при их опускании. Смонтированный на раме конечный выключатель ограничивает подъем дверей, предотвращая обрыв цепей.

Якоря и другие изделия, подлежащие сушке, укладывают на тележку, которую специальным приводом вкатывают в сушильную камеру по рельсам узкой колеи (1000 *мм*) со скоростью 4—6 *м/мин.* Такая скорость позволяет избежать резких инерционных толчков при остановках тележки и возможных при этом сдвигов якорей. Каждая камера печи имеет свою тележку, привод для перемещения которой установлен против сушильных печей ниже уровня пола в бетонной траншее. Конечные выключатели обеспечивают автоматическую остановку тележек в крайних положениях.

Эксплуатация таких печей показала, что автоматическое открывание и закрывание дверей и механическое перемещение тележек облегчают и упрощают загрузку и выгрузку камеры и сокращают время, затрачиваемое на эти операции.

Вакуумные сушильные печи. Для интенсификации процессов сушки обмоток якорей в последнее время нашли широкое распространение вакуумные сушильные печи. Вакуумная сушильная печь (рис. 105) представляет собой герметически закрываемый металлический бак круглой формы. Обмотка индуктора *2* уложена на корпус *1* бака с электротеплоизоляционным слоем, состоящим из листового асбеста, миканита и замазки. Индуктор *2* намотан из медной проволоки d=5,5 *мм* в три слоя (узел *I*). Эту однофазную печь подключают к сети 380 *в*, и она потребляет мощность 20 *ква.* Температуру внутри печи поддерживают в пределах 130—180°С. Для сушки якоря или другие детали устанавливают на подставку *7*. При вакууме в печи стенки и крышка бака испытывают давление атмосферного воздуха, поэтому толщина стенок должна быть не менее 10—12 *мм.* Для уменьшения тепловых потерь наружную поверхность печи покрывают толстым слоем теплоизоляции *9.*

Индукционные печи с пневматическим приводом имеют преимущество перед печами с электрическим приводом как по простоте устройства, так и по пожарной безопасности в эксплуатации Поэтому крышка *3* печи снабжена пневмомеханическим затвором. Для открывания крышки предназначен цилиндр *4*, а для ее плотного закрытия — полукольца *5*, приводом которых служит цилиндр *6*. Уплотнение *8* (узел *II*) в виде фасонной прокладки из сальниковой набивки толщиной 12 *мм* обеспечивает герметизацию бака

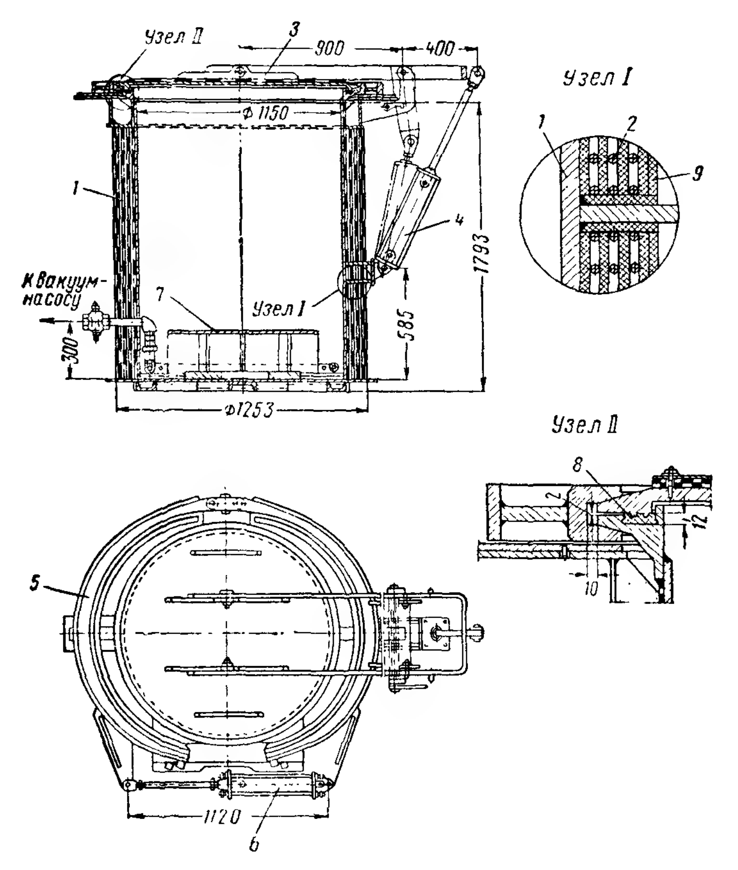


Рис. 105. Вакуумная сушильная печь

Конвейерные сушильные установки. Сушильно-пропиточные установки непрерывного действия нашли применение в крупносерийном и массовом производстве. В этих установках конвейер загружают узлами, имеющими обмотки, и он непрерывно перемещает их в рабочей зоне сушки и пропитки. По мере окончания таких операций детали снимают с конвейера.

По характеру технологического процесса установки разделяют на две группы: с «жестким» процессом, при котором продолжительность различных операций определяется соотношением размеров установки, и с «гибким» процессом, который позволяет регулировать

отдельные элементы установки, изменяя как продолжительность, так и число операций. Сушильно-пропиточные установки с «жестким» технологическим процессом и цепными конвейерами просты по конструкции и удобны для обслуживания, поэтому они получили наиболее широкое распространение в электромашиностроении

На Смелянском ЭМРЗ для подогрева и сушки обмоток якорей тепловозных двигателей ЭДТ-200 весом 910 *кг* построена сушильно-пропиточная конвейерная установка по проекту Гипрозаводтранса Эта установка имеет две сушильные печи проходного типа, подъемный бак для пропитки якорей методом окунания и устройство для очистки конца вала от излишков лака. Общая длина трассы конвейера 104 *м*, на которой размещено 108 подвесок. Суммарная мощность электрических калориферов сушильных печей 232 *ква*. На заводе МЭМРЗ с 1965 г. работает сушильная печь с цепными конвейерами для сушки якорей электровозных и моторвагонных двигателей весом до 2 *т*. Общий вид такой печи для сушки обмоток якорей на одноцепном подвесном конвейере показан на рис 106. Основные технические данные печи следующие:

Размеры печи:

длина	10,7 *м*
ширина	6,2 »
высота	4,4 »
Длина конвейера	32,1 »
Число подвесок	40 шт.
Шаг подвесного конвейера	1,0 *м*
Скорость движения конвейера . .	1,8 *м/мин*
Производительность конвейера . .	1,02 якоря в 1 *ч*
Максимальная температура в камере . .	150°С
Время прохождения трассы	5 *ч*
Продолжительность сушек .	5, 10, 15, 25 *ч*

Печь состоит из корпуса *1*, тепловентиляционного оборудования (вентилятора *4*, воздуховодов *2*, калорифера 5) и конвейера *3*, проходящего внутри камеры. Корпус состоит из металлического каркаса с обшивкой из 2-*мм* листовой стали, заполненной минеральной ватой. Дверь *7* входного проема печи имеет сблокированный с конвейером привод *6*, автоматически закрывающий ее при пуске конвейера.

Конвейер (рис. 107) подвесного типа состоит из следующих основных узлов: металлических колонн *1*, монорельсового пути *5*, тяговой цепи *3*, приводной *6*, натяжной *4* и поворотной *2* станций, кареток и подвесок *7*. Металлические колонны сварной конструкции с кронштейнами для подвесок конвейера установлены на бетонных фундаментах. Монорельсовый путь представ-

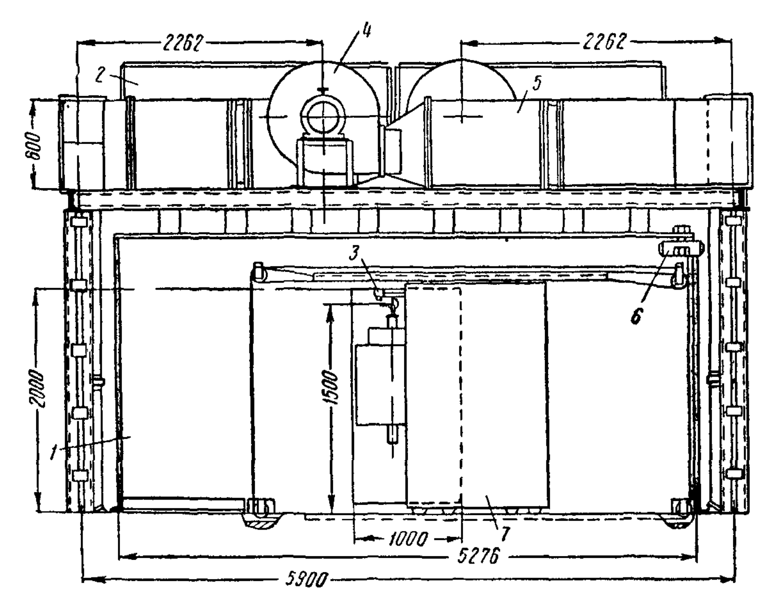


Рис. 106. Общий вид конвейерной печи для сушки якорей

ляет собой двутавровую балку № 16, состоящую из нескольких частей. Он подвешен к кронштейнам колонн на высоте 2240 *мм*, что позволяет легко навешивать и снимать с конвейера якоря двигателей. Ниже монорельсового пути на каретках, отстоящих друг от друга на 1000 *мм*, подвешена тяговая цепь *3*, замкнутая в горизонтальной плоскости. Эта цепь промышленного изготовления, разборная, типа Р16-100-Ш, с шагом 100 *мм*. Она связана с каретками и приводит их в движение, передавая только тяговую нагрузку. Монорельсовый путь способен выдержать значительные нагрузки, а также

позволяет проложить трассу конвейера в виде пространственной кривой.

Цепные конвейеры могут быть как непрерывно движущимися, так и пульсирующими. В последнем случае конвейер движется только в то время, которое нужно для перемещения подвески с изделиями на один шаг, а

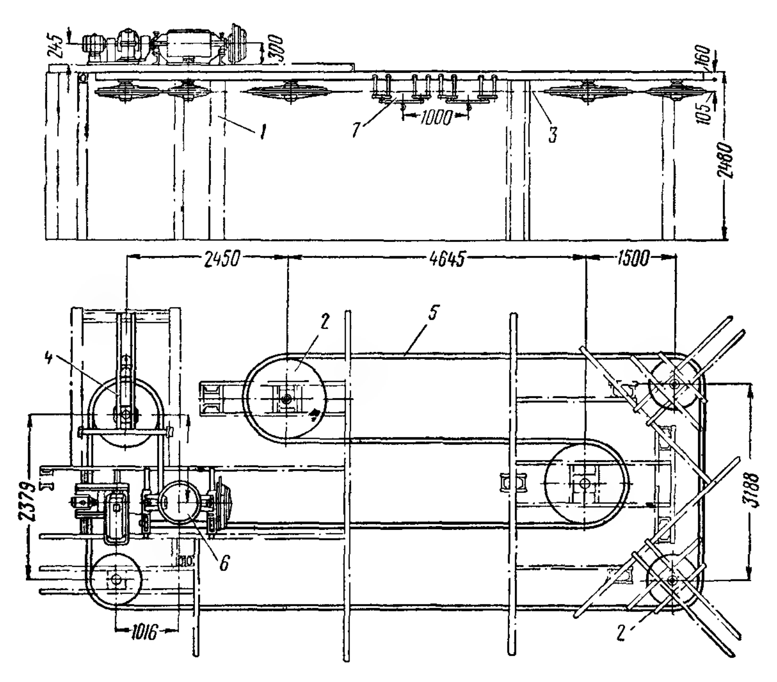


Рис. 107. Конвейер для сушки якорей

остальную часть цикла стоит; это облегчает его загрузку и разгрузку.

Якоря подвешивают на специальных подвесках (рис. 108). Для навески и съема якорей к крюку крана подвешивают специальную скобу, которая обеспечивает отвесное положение троса, якоря и каретки конвейера. Для подъема и навеса якоря на его вал навинчивают специальное приспособление с цапфами и петлей.

С одного конца конвейера (см. рис. 107) установлена приводная станция *6*, а с другого — натяжная стан-

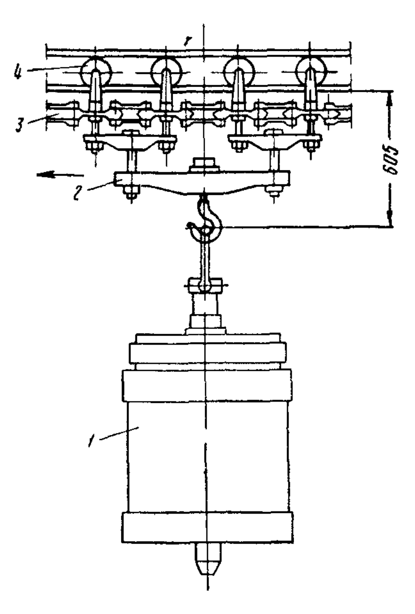


Рис. 108. Подвеска якоря на конвейере:

1 — якорь; 2 — подвеска; 3 — цепь; 4 — каретка

ция 4, при помощи которой натягивают цепь так, чтобы она не провисала и не спадала со звездочек конвейера при его движении. Приводная станция представляет собой механизм, состоящий из электродвигателя, системы зубчатых шестерен и звездочек, на которые надета тяговая цепь. В соответствии с нормалью треста Союзпроммеханизация Н6-26—59 привод конвейера на заводе МЭМРЗ принят IV исполнения с числом зубьев 10 и окружной скоростью звездочки 1,8 *м/мин.* Натяжное устройство 250 1 14-100-16Ш.

Тепловентиляционное оборудование установлено на площадке над сушильной камерой. Сушильная камера имеет одну тепловую зону, однако температурный режим по ее длине регулируют, изменяя количество подаваемого тепла и распределение нагретого воздуха при помощи дроссель-клапанов и задвижек. Тепловые агрегаты конвейерной сушильной установки не имеют каких-либо принципиальных отличий от тепловых агрегатов сушильных камерных печей. Конвейерные сушильные печи на заводе МЭМРЗ имеют два калорифера типа 75Г по 75 *квт* каждый с вентиляторами ЭВР № 6 производительностью 8350 $м^3/ч$ при напоре 70 *мм вод. ст.*

Электродвигатели вентиляторов МА-142-2/8 мощностью 4 *квт* имеют скорость вращения 720 *об/мин.* Для уменьшения шума вентиляторы установлены на специальное виброизолирующее основание и соединены с воздуховодом гибкими патрубками.

Сушильная установка оборудована приборами теп-

лового контроля, которые автоматически поддерживают заданную температуру сушки, включая или отключая отдельные секции электрокалорифера.

Конвейерно-сушильная установка имеет устройства сигнализации и блокировки, не допускающие включения конвейера при неисправности вентиляторов, останавливающие конвейер при перегрузке привода, при обрыве цепи и т. д. Одновременно с остановкой конвейера подаются звуковой и световой сигналы, которые свидетельствуют о неисправности установки. Управление установкой сосредоточено на пульте, расположенном вблизи рабочих мест лиц, обслуживающих сушильную конвейерную печь.

Четкая работа контрольно-измерительных приборов, устройств сигнализации и блокировок приобретает в конвейерно-сушильных установках еще большее значение, чем в обычных установках периодического действия, так как нарушение режима сушки может повести к браку большого количества изделий. Кроме того, значительное количество различных агрегатов и большие размеры установки затрудняют обслуживающему персоналу непосредственное наблюдение за работой всех элементов установки.

39. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОПИТКИ ОБМОТОК ЯКОРЕЙ

Обмотки якорей пропитывают в специальных ваннах, размеры которых зависят от габаритов пропитываемых изделий. Для обеспечения необходимых условий труда и соблюдения требований промышленной санитарии пары растворителей улавливают и удаляют через бортовые отсосы вентиляционным устройством. Ванны снабжают крышками с запорами, системой подачи лака из лакохранилища и разным вспомогательным оборудованием.

Установка для вакуумно-нагнетательной пропитки. На железнодорожном транспорте применяют типовые установки, состоящие из двух частей, предназначенных для вакуумно-нагнетательной пропитки якорей и компаундировки полюсных катушек. Обе части имеют общее вспомогательное оборудование для нагрева, пода-

чи сжатого воздуха и создания вакуума, а также приборы для контроля давления и температуры.

В последнее время Воронежский ТРЗ по проекту Гипрозаводтранса освоил изготовление автоклавов с механизмом для подъема крышек при загрузке и разгруз-

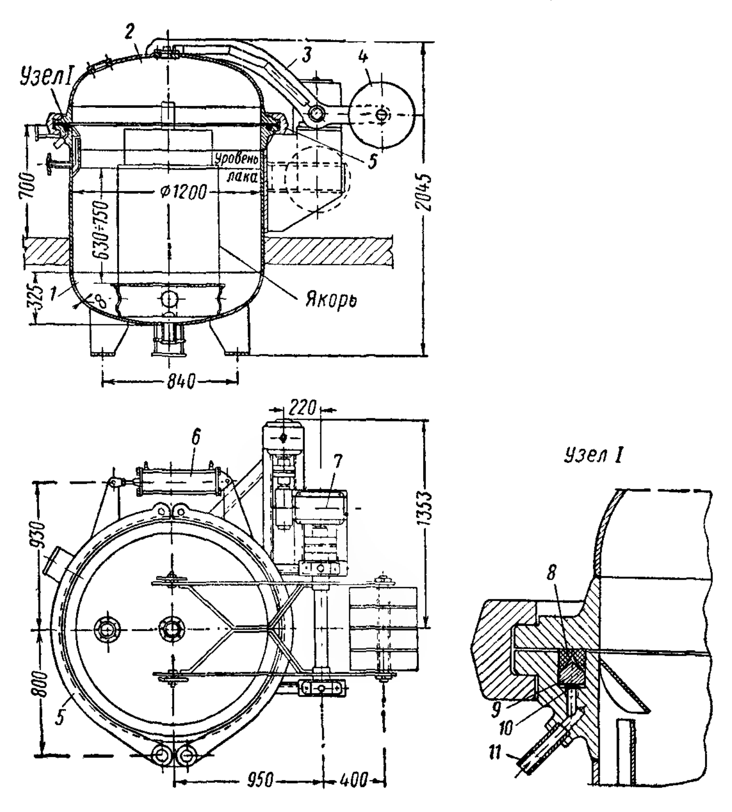


Рис. 109. Автоклав для вакуумно-нагнетательной пропитки обмотки якорей

ке изделий. Автоклав (рис. 109) представляет собой вертикальный цилиндрический сварной котел *1*, изготовляемый из углеродистой стали толщиной 8 *мм* с днищем сферической формы. Механизм подъема крышки *2* состоит из рычага *3*, двухчервячного редуктора *7* с передаточным числом $i = 420$, электромотора ТАГ-31/6

мощностью 1,7 *квт* и скоростью вращения 970 *об/мин* и противовеса *4*, состоящего из набора чугунных колец общим весом 540 *кг*.

Затвор *5* верхней крышки (узел *I*) имеет две раздвижные клешни, приводимые в движение от пневматического цилиндра *6*. После загрузки якоря в автоклав, опускают верхнюю крышку и через разобщительный кран впускают сжатый воздух в цилиндр *6*, при этом клешни затвора *5* сдвигаются и закрепляются чекой. Затем по трубке *11* воздух через наклонное отверстие попадает в вертикальный канал, сжимает пружину *10* и через кольцо *9* передает усилие на фасонную прокладку *8*, изготовленную из маслостойкой резины. Бак автоклава рассчитан на рабочее давление 2—3 $кГ/см^2$ и вакуум 700—750 *мм рт. ст.*

В крышку автоклава вмонтировано по два смотровых стекла, через которые наблюдают за процессом пропитки. Вверху на корпусе автоклава расположены штуцера отверстий для присоединения труб, соединяющих котел с атмосферой, с вакуумным трубопроводом и трубопроводом подачи сжатого воздуха или инертного газа (азота). Патрубок для входа и выхода пропиточного лака расположен в нижней части. Якоря в пропиточном автоклаве устанавливают на специальиую ступицу с решетками для стока лака.

Автоклавы, лакоприемники и смесители обычно устанавливают в котлованах на фундаментах. Вблизи установки располагают конденсатор водяного поверхностного охлаждения, предназначенный для охлаждения и конденсации паров растворителей и защиты вакуумного насоса от попадания в него этих паров. Для очистки воздуха из автоклава при вакуумной сушке на заводе МЭМРЗ применяют двухступенчатые вакуум-насосы последовательного действия типа ВН-4Г производительностью 59 *л/сек*, обеспечивающие остаточное давление (вакуум) не выше $5 \cdot 10^{-3}$ *мм рт. ст.* Вакуумный насос через бачок поверхностного охлаждения соединен с распределительной вакуумной гребенкой, откуда вакуумпровод идет к автоклавам. На распределительной вакуум-гребенке для каждого автоклава установлен разобщительный кран, вакуумметр и спускной кран. Вакуум-насос, кондеисатор, электрощиток и другое оборудование для удобства обслуживания и предохранения

от загрязнения и порчи устанавливают в отдельном помещении.

Установка для пропитки погружением. Схема установки для пропитки обмоток якорей способом погружения (окунания) в лак показана на рис. 110. Она состоит из пропиточного бака, соединенного лакопроводом с лакохранилищем *13*. Пропиточный бак имеет крышку и бортовой отсос паров растворителей из верхней зоны, На дне бака сделано отверстие для трубопровода, со-

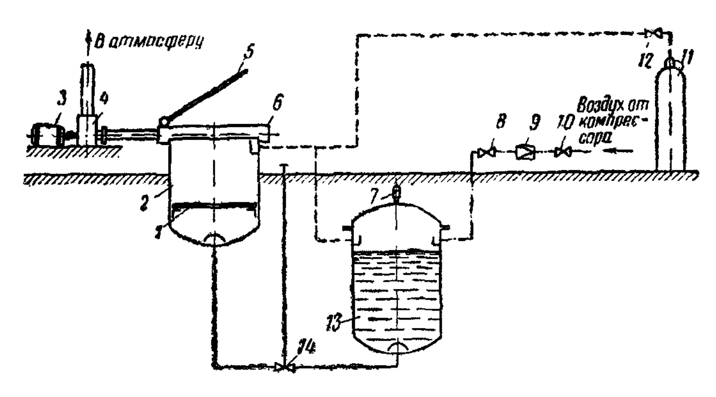


Рис. 110. Схема установки для пропитки обмоток якорей погружением:

1 — подставка; 2 — пропиточный бак; 3 — электродвигатель; 4 — вентилятор; 5 — крышка; 6 — бортовой отсос; 7 — предохранительный клапан; 8, 10, 12 — вентили; 9 — редукционный клапан; 11 — баллон с жидким азотом; 13 — лакохранилище; 14 — запорный вентиль

единяющего бак с лакохранилищем. Лакопровод снабжен запорным вентилем и фильтрами. Пропиточный бак смонтирован в углублении.

Лакохранилище рассчитывают на давление 0,5 *ат* и снабжают плотно закрывающейся крышкой. В верхнюю часть лакохранилища через редукционный клапан *9* и запорные вентили *8* и *10* подают сжатый воздух для вытеснения лака в пропиточный бак. Так как лакохранилище обычно располагают ниже пропиточного бака, то обратно лак стекает свободно. Лакохранилище имеет предохранительный клапан, устройства для слива лака, измерения его уровня и контроля температуры.

Централизованная система питания лаком пропиточных баков. В сушильно-пропиточных отделениях ре-

монтных заводов обмотки электрических машин обычно пропитывают лаками различных сортов. Электроизоляционные лаки приготавливают и фильтруют в лакораздаточной. Транспортируют лак и разбавители к пропиточным бакам самотеком или насосами. Для каждого сорта лака предусматривают отдельные емкости. Под емкости лаков и растворителей устанавливают дозаторные бачки, оборудованные уровнемерами, присоединенными к раздаточной трубе, по которой лак или разбавитель поступает в пропиточные ванны.

Централизованное питание лаком пропиточных ванн впервые внедрено на Запорожском ЭРЗ. Для хранения лаков и растворителей на участке лакоприготовления установлены емкости на отметке — 2,4 *м*, а для слива оборудована специальная сливная площадка с воронками. Лак при помощи вакуума подают в емкости для пропитки обмоток, что позволяет обойтись без специальных насосов и дорогостоящей аппаратуры.

На каждой емкости с лаком и растворителем установлен бачок-дозатор. Дозатор соединен с вакуумной линией и соответствующей емкостью для хранения лаков и имеет сливную трубу, подающую лак к площадке для выдачи. На трубопроводах, подходящих к дозатору, установлены вентили с пневматическим приводом, имеющим дистанционное управление с одного пульта. Для контроля величины вакуума в дозаторах на пульте управления предусмотрены вакуумметры. Каждая емкость для хранения лака и растворителей оборудована уровнемером, показывающим количество лака в них. Пневмоцилиндры вентилей подачи лаков и вакуума в дозатор питают через выключающий электровозный вентиль без электрической катушки, который устанавливают непосредственно на дозатор. Вентиль открывается и закрывается автоматически при помощи лекала, перемещаемого поплавком.

При открытии крана дистанционного управления, установленного на пульте управления, сжатый воздух свободно проходит через открытый выключающий вентиль, что обеспечивает открытие вентилей подачи лака и создание вакуума в дозаторе. При достижении максимального уровня лака в емкости поплавок поднимается вверх и лекало нажимает на клапан выключающего вентиля, сообщая с атмосферой цилиндры вентилей,

которые под действием своих пружин прекращают подачу лака.

Для слива лака кран дистанционного управления ставят в положение «слив», при этом открывается вентиль на сливной магистрали, а дозатор сообщается с атмосферой и лак свободно вытекает из дозатора, установленного на отметке +2,5 *м*. Участок лакоприготовления оборудован также устройством для аварийного слива, выполненным по проекту Гипрозаводтранса. Рассмотренная централизованная система полностью механизирует подачу лаков и растворителей в баки для пропитки якорей и на другие участки, не требуя специального обслуживающего персонала для выдачи лаков и растворителей, уменьшает расход этих материалов за счет сокращения потерь от испарения и по другим причинам.

40. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОПИТОЧНЫХ РАБОТАХ

Во время пропитки обмоток применяют легковоспламеняющиеся жидкости, которые в смеси с воздухом могут дать вспышку и взрыв, поэтому помещение сушильно-пропиточного отделения по пожароопасности относят к категории А. Стены и потолок этого помещения штукатурят цементным раствором и окрашивают в светлые тона. Для удобства очистки стен их облицовывают глазурованной плиткой или окрашивают масляной краской. Полы в сушильно-пропиточном отделении делают плотными, гладкими, без щелей, не впитывающими лаки и допускающими влажную уборку.

Помещение оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией и устройствами для проветривания и отопления. В соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями в пропиточном отделении устанавливают приточно-вытяжную вентиляцию с зонтом и отсосами у пропиточных баков, автоклавов и сушильных печей. В помещениях этих отделений, непосредственно примыкающих к смежным цехам и связанных с ними дверными проемами, поддерживают разряжение за счет превышения производительности вытяжной системы над приточной на 10—15%. В сушильно-пропиточное отделение дела-

ют вводы от сети сжатого воздуха и вакуума, а компрессоры и насосы устанавливают в другом помещении. Для обеспечения нормальных условий работы это отделение снабжают необходимым оборудованием, приспособлениями и контрольно-измерительными приборами и оборудуют кран-балкой с тельфером или мостовым краном грузоподъемностью 2—3 *Т* (в зависимости от веса пропитываемых узлов электромашин). Освещение в пропиточном отделении должно обеспечивать равномерный, рассеянный и немерцающий свет. Во избежание воспламенения паров растворителей от электрической искры применяют электрическую арматуру и аппаратуру герметического взрывобезопасного исполнения, а силовые кабели и осветительную проводку укладывают в трубы.

Техника безопасности. При работе в сушильно-пропиточном отделении соблюдение правил техники безопасности обязательно как для рабочих, так и для технического персонала.

Следует помнить, что многие применяемые для пропитки обмоток материалы вредны для здоровья работающих, легко воспламеняются, а пары растворителей в смеси с воздухом в определенных концентрациях взрывоопасны. Поэтому для обеспечения полной безопасности концентрация паров растворителей должна быть в 3—4 раза меньше нижнего предела взрывчатости и в воздухе рабочей зоны не должна превышать следующих величин: при применении бензина и уайт-спирита — 0,3 *мг/л,* ацетона и растворителя № 646 — 0,2 *мг/л,* ксилола и толуола — 0,05 *мг/л.*

Лаки, эмали, растворители и разбавители хранят в закрытых сосудах с плотными или герметическими крышками. При работе с лаками, содержащими бензол и толуол, недопустимо размешивание их в открытых емкостях, так как при этом выделяются пары бензола и толуола, которые очень вредны для здоровья человека. Не реже чем один раз в три месяца берут пробу и делают анализ воздуха рабочей зоны. Перед загрузкой узлов электрических машин после пропитки в сушильные печи камеру печи продувают вентилятором, работающим на выхлоп в атмосферу. После загрузки печи не менее чем на 1 *ч* устанавливают режим работы с продувом воздуха в атмосферу.

Все металлические баки и цистерны, служащие для пропитки и хранения растворителей, надежно заземляют. В пропиточном отделении применяют вентиляторы с роторами только из алюминия. Все электрические соединения выполняют обязательно сваркой или пайкой. Искрение щеток и контактов недопустимо Поэтому пусковую аппаратуру от электрооборудования, установленного внутри сушильно-пропиточного помещения, целесообразно выносить в соседние или специальные помещения.

При пропитке узлов баки или автоклавы закрывают крышками. Кроме того, они должны иметь исправно действующие бортовые отсосы, оборудованные вытяжной вентиляцией. Работа в пропиточном отделении при отключенной приточной и вытяжной вентиляции запрещена. При работе оборудования необходимо следить за его исправностью и особенно за нагревом трущихся частей, не допуская ненормального повышения температуры. В случае неисправности вентиляции и оборудования работы по пропитке и сушке обмоток немедленно прекращают. При смене лаков, очистке автоклавов и пропиточных ванн пользуются противогазами или респираторами.

Противопожарные мероприятия. Основные требования противопожарной безопасности в сушильно-пропиточных отделениях следующие. Применение открытого огня и курение в помещении, где выполняют пропитку и покрытие изоляции, хранят и приготавливают лаки, эмали, растворители и разбавители, категорически запрещено.

Помещение пропиточной должно быть обеспечено исправным противопожарным оборудованием и инвентарем: ящиками с песком и лопатами, пенными огнетушителями и баллонами с жидким азотом. Наличие и исправность противопожарных средств пропиточно-сушильного отделения проверяют ежедневно. Переносить бидоны, перекатывать бочки, работать с тяжелыми, особенно стальными предметами, нужно без ударов и толчков во избежание искрения. При ремонте оборудования внутри пропиточных автоклавов и ванн на дно предварительно укладывают резиновый коврик, чтобы в случае падения инструмента не образовалась искра.

Необходимо помнить, что тушение лаков и растворителей водой недопустимо. При возникновении пожара следует немедленно вызвать пожарную охрану, закрыть железные двери в соседние помещения, выключить вентиляцию и другие электроприборы. При загорании проводки, электродвигателей и приборов необходимо немедленно выключить электрический ток, горящий электродвигатель или прибор тушить песком, а электропроводку следует тушить пенными огнетушителями или баллонами с жидким азотом.

41. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ПРОПИТКИ И СУШКИ ОБМОТОК ЯКОРЕЙ

Для обеспечения высокого качества пропитки и сушки обмоток якорей тяговых двигателей и вспомогательных машин необходимо контролировать качество применяемых материалов и выполнение установленной технологии пропитки и сушки.

Испытания изоляционных лаков и эмалей. Каждая партия лака или эмали, поступающая в производство, должна иметь паспорт или сертификат завода-изготовителя и удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий. Однако лаки и эмали в процессе применения изменяют свои характеристики из-за частичного испарения растворителей, попадания в них влаги и загрязнителей. Поэтому периодически не реже одного раза в три месяца, а также при изменении технологии и замене исходных материалов проводят контрольные проверки лаков и эмалей в заводской лаборатории.

Порядок проверки и методика испытания пропиточных лаков и покровных эмалей изложены в ГОСТ 6244—52 и ГОСТ 9151—59. Ежедневно перед началом работ проверяют прибором ВЗ-4 вязкость этих материалов по ГОСТ 8420—57. У лаков и эмалей проверяют наличие механических примесей, время высыхания, теплостойкость, водопоглощаемость и стойкость против разбрызгивания на пленках, а также среднюю пробивную напряженность электрического поля по ГОСТ 2256—59. У эмалей, кроме того, проверяют твердость пленки по ГОСТ 5233—50 и дугостойкость по ГОСТ

9151—59. Методика определения цементирующей способности, адгезии и клеящей способности лаков приведена в ГОСТ 9564—60.

Контроль качества сушки обмоток после пропитки. Как уже отмечалось, в процессе сушки обмоток электрических машин о состоянии изоляции обычно судят по ее сопротивлению, которое измеряют мегомметром. Высоковольтные обмотки тяговых электродвигателей проверяют мегомметрами типа МС-06 на 2500 *в*, а низковольтные — мегомметрами на 500 *в*. Сопротивление изоляции зависит от ее температуры, поэтому его измеряют при той температуре, для которой установлены нормы. Минимальное сопротивление изоляции после окончания пропитки в лаке № 447 и сушки якорей должно быть при температуре 100—110°С не ниже 5 *Мом* для машин на 3000 *в*, 3 *Мом* для машин на 1500 *в* и 2 *Мом* для машин на 100 *в* и ниже.

Правилами ремонта установлено, что минимальное сопротивление изоляции после пропитки обмоток якорей в лаке ФЛ-98 и сушки должно быть при 130—135°С не ниже 1 *Мом*. При сопротивлении ниже установленных норм сушку продолжают до получения установившегося сопротивления изоляции. Однако контроль качества сушки путем замера сопротивления изоляции не является достаточно объективным, потому что изоляция обмоток якорей тяговых машин состоит из материалов с различными удельными сопротивлениями. Кроме того, сопротивление изоляции зависит от напряжения мегомметра, температуры обмотки и длительности процесса измерения. Более объективную оценку состояния изоляции дает использование отношения $\frac{R_{60}}{R_{15}}$, где R_{15} и R_{60} — сопротивление изоляции на 15-й и 60-й секундах от начала приложения напряжения. ЦНИИ МПС рекомендует при контроле изоляции тяговых двигателей считать изоляцию сухой, если $\frac{R_{60}}{R_{15}} \geqslant 2$ при температуре окружающей среды 20°С и измерении мегомметром 2500 *в*.

Об увлажнении изоляции обмоток электромашин можно также судить по результатам испытаний методом «емкость — частота». Для этого применяют специальный прибор контроля влажности (ПКВ). Измере-

ние прибором ПКВ выполняют дважды при частотах 2 и 50 *гц*. Полученные результаты сравнивают между собой, и если отношение показаний прибора при этих частотах меньше 1,4, т. е. $\frac{C_2}{C_{50}} \leqslant 1{,}4$, то сушку можно прекратить.

Наряду с рассмотренными способами о качестве сушки изоляции можно судить и по другим признакам. Так, например, при вакуумной сушке обмоток прекращение конденсации влаги в сборнике свидетельствует об окончании процесса. Признаком достаточной сушки пропитанных якорей служит также отсутствие разбрызгивания лака при их вращении во время испытаний.

Поверхность пленки после покрытия и сушки проверяют наружным осмотром, позволяющим установить непрерывность, равномерность и гладкость пленки. ЦНИИ МПС рекомендует периодически контролировать твердость лаковых пленок на поверхности окончательно готовых якорей прибором ПМТ-3. Твердость пленки должна быть не менее 12 *кГ/мм*^{2}. В случае меньших значений сушку якорей после пропитки в лаке ФЛ-98 продолжают, после чего вновь проверяют твердость пленки.

Автоматизация процессов сушки изоляции обмоток якорей. На Запорожском ЭРЗ по проекту ГПИ «Проектавтоматика» (г. Иванов) смонтирована и в 1963 г. пущена в эксплуатацию система автоматического регулирования, управления контроля и сигнализации технологических процессов пропиточно-сушильного отделения электромашинного производства. Эта система позволяет вести процессы пропитки и сушки обмоток якорей тяговых двигателей и вспомогательных машин без вмешательства обслуживающего персонала.

Приборы для контроля, автоматического регулирования, управления и сигнализации о ходе технологических процессов пропитки и сушки якорей, а также приборы для сигнализации о возможных нарушениях режимов сосредоточены в щитовом помещении. Наблюдение за этими приборами ведет один человек — диспетчер (или оператор), который дает указания рабочим, загружающим и выгружающим якоря при пропитке и сушке. Система обеспечивает автоматическое управление процессом пропитки якорей с изоляцией классов В и Н, что достигают комплексом взаимно свя-

занных приборов и аппаратов. По указанию диспетчера рабочий только открывает крышку бака, выгружает пропитанный якорь, загружает новый и закрывает крышку. Ведение процесса по заданной программе обеспечивает командный электропневматический прибор типа КЭП-12У. Для переключения системы с одного технологического режима на другой универсальный переключатель прибора ставят в соответствующее положение. Перечень основных операций с указанием приборов и места их установки приведен в табл. 24.

Для регулирования температуры в вакуум-сушильных печах использована автоматическая станция регулирования температуры с регулятором ЭРС-59 завода «Комега». Эта автоматическая станция представляет собой телемеханическое устройство с электронным регулирующим элементом и осуществляет следующие функции: регулирование температуры в 24 точках, избирательное измерение температуры путем подключения соответствующего термометра сопротивления и логометра, а также регистрацию и контроль температуры с помощью электронных мостов. В качестве датчиков температуры использованы двойные термометры сопротивления типа ПТЭ-VIII. Один из элементов используют в системе регулирования температуры, другой — для контроля и сигнализации превышения температуры.

Подключение датчика и соответствующих цепочек в системе регулирования и сигнализации превышения температуры осуществляет температурное реле (РТ) и обегающее устройство, которое периодически по очереди включает датчики. Обегающее устройство состоит из двух групп реле: реле сопротивления (РС) — 6 шт. и реле обегания (РО) — 4 шт. Реле групп РС и РО своими контактами поочередно подают питание на реле РТ, которые подключают датчики к измерительной схеме и подготавливают включение соответствующего индуктора. Последовательно с каждым реле включены контакты ключа вызова контролируемой точки на показывающий прибор. Цикл обегания равен 192 *сек*. Задатчик регулятора температуры состоит из 16 сопротивлений по 1 *ом* каждое и может иметь до 17 отпаек. В системе использованы отпайки: № 1 соответствует температуре 75°С; № 5 — 105°С; № 9 — 135°С; № 13 — 150°С и № 17 — 195°С.

Таблица 24

№ п/п	Наименование операции	Прибор или исполнительный механизм	Место установки
1	Программное управление процессом сушки и пропитки якоря	Командный электропневматический прибор КЭП-12У	Щиты вакуумно-сушильных печей и вакуум-баков
2	Автоматическое регулирование температуры в вакуумно-сушильных печах	Электронный регулирующий прибор ЭРС-59 и релейная схема обегания	Щит регулирования температуры
3	Контроль за превышением температуры и аварийное отключение печи при перегреве	То же	То же
4	Сигнализация превышения температуры	Релейная схема обегания	Релейный шкаф
5	Запись температуры	Термометр самопишущий газовый ТСГ-420	Панель местного управления
6	Сигнализация отключения вакуума	Электроконтактный вакуумметр ВЭ-16РБ	Панель местного управления с подачей сигнала на щит вакуумно-сушильных печей
7	Сообщение печей с вакуумной линией и атмосферой	Вентиль с пневмоприводом	Приямок вакуумно-сушильных печей
8	Подача сжатого воздуха, лака, вакуума в вакуум-бак	То же	То же
9	Управление вентилем с пневмоприводом	Электропневматический клапан ЭПК	Панель местного управления
10	Открывание крышки вакуум-баков и вакуумно-сушильных печей	Трехходовой кран	Панели управления вакуум-баков и печей
11	Контроль уровня лака в вакуум-баке	Электросигнализатор ЭСУ-2	То же, вакуум-баков
12	Замер сопротивления изоляции	Мегомметр щитовой	Щит регулирования температуры

Система контроля и сигнализации со своим прибором ЭРС-59 и логометром обеспечивает сигнализацию аварийного перегрева якоря в индукционной печи, сигнализацию неисправности в релейном устройстве обегания, избирательный контроль температуры в печах, отключение контактора и прекращение нагрева печи при достижении аварийной температуры. Величину аварийной температуры на задатчике регулятора системы контроля и сигнализации превышения температуры устанавливает оператор в зависимости от класса изоляции и лака, применяемого для пропитки якорей.

Щиты автоматики питают электроэнергией от сети 380/220 *в*. Суммарная мощность, потребляемая установкой, — 6 *квт*. Сжатым воздухом установку питают от магистрали завода давлением 6 *ат*. Автоматизация технологических процессов пропитки и сушки обмоток якорей обеспечивает централизованное управление соответствующими производственными процессами, что увеличивает производительность оборудования, устраняя необходимость постоянного дежурства, ведет к уменьшению обслуживающего персонала. Автоматическое регулирование температуры не допускает перегрева обмоток якорей при сушке сверх установленных норм, улучшая тем самым качество изоляции и сокращая расход электроэнергии.

VIII

РЕМОНТ ПОЛЮСНЫХ КАТУШЕК

42. РЕМОНТ МЕДИ И ПЕРЕМОТКА КАТУШЕК

После разборки и дефектирования полюсные катушки тяговых двигателей и вспомогательных машин поступают на очистку изоляции В зависимости от вида заводского ремонта изоляцию полюсных катушек заменяют полностью или частично Объем ремонта катушек каждой машины определяют по результатам их осмотра и дефектировки. Полюсные катушки машин, поступивших в первый заводской ремонт (без смены изоляции), в случае необходимости восстановления меди, замены корпусной и межвитковой изоляции ремонтируют по технологии второго заводского ремонта (со сменой изоляции).

При подготовке катушек к ремонту со сменой изоляции удаляют покровную и корпусную изоляцию, а также изоляционную замазку. Затем осматривают и проверяют катушки для выявления межвитковых замыканий, обрывов и выжегов меди, неисправностей крепления выводных скоб, патронов и кабелей. У катушек из шинной меди, подлежащих полной перемотке, отпаивают кабельные выводы и снимают кабельные патроны Для удаления межслойной изоляции и лака с меди катушек их загружают в печь светлого отжига (см. рис 20), где выдерживают 1,5—2 *ч* при температуре 650—750°С, не допуская перегрева и образования окалины Охлажденные в воде после отжига катушки разрезают в местах перехода из слоя в слой, где это предусмотрено их конструкцией

В процессе перемотки, очистки и выправки тщательно осматривают медные шины для выявления трещин, изломов и выжегов Неисправные места меди вырезают и наращивают, припаивая новые медные шины внаклад-

ку меднофосфористым припоем или латунью на контактном сварочном трансформаторе. В одной катушке допускают не более четырех таких соединений, расположенных на прямолинейной части витков. Места соединения меди зачищают напильником и наждачной бумагой, не допуская утолщения и уширения шин.

Катушки главных полюсов с намоткой меди плашмя могут быть изготовлены вновь с использованием бывшей в употреблении меди. Катушки дополнительных полюсов из медных шин с намоткой на ребро ремонтируют, сохраняя их форму, а при наличии крупных дефектов изготавливают из новой меди. Сечение меди и число витков полюсных катушек даны в табл. 25.

Таблица 25

Тип машины	Катушки главных полюсов		Катушки дополнительных полюсов	
	Размеры меди в *мм*	Количество витков	Размеры меди в *мм*	Количество витков
НБ-412 М	1,95×65	34	4,5 × 32	21
НБ-406 Б	4,1 ×32	48	4,4 × 32	34
ДПЭ-400 А	2,63×35	67	3,05× 35	55
ДК-106Б2	1,68×22	76	1,81× 25	57
ДК-103Г	1×35	87	1,45× 25	56
ЭДТ-200Б	6×25	27	5,1 × 28	21

Намотка катушек из шинной меди плашмя. Двухслойные катушки главных полюсов из голых шин наматывают плашмя на специальных намоточных станках ТТ-24 и ТТ-20 с применением соответствующих оправок-шаблонов. Технологический процесс намотки таких катушек весьма несложен. При намотке места перехода меди из слоя в слой формуют на ребро в специальном приспособлении (рис. 111), которое устанавливают в непосредственной близости от планшайбы намоточного станка. Это приспособление состоит из сварного основания *5* со стойкой *4*, на которой укреплены боковые прижимные планки *2* и сменные формующие пластины *3*, по толщине и профилю соответствующие наматываемой меди. Медь формуют в замкнутом гнезде, ограниченном стойкой, прижимными планками и сменными пластинами. Под основанием *5* расположен пневматический цилиндр *1*.

После установки и закрепления намоточного шаблона на планшайбе станка вставляют межслойную изоляцию в виде миканитовой прокладки (рамки), оклеенной с обеих сторон асбестовой бумагой толщиной 0,5 *мм*. Затем закладывают в шаблон перегнутую часть меди, заправляют шину в натяжные плашки, а свобод-

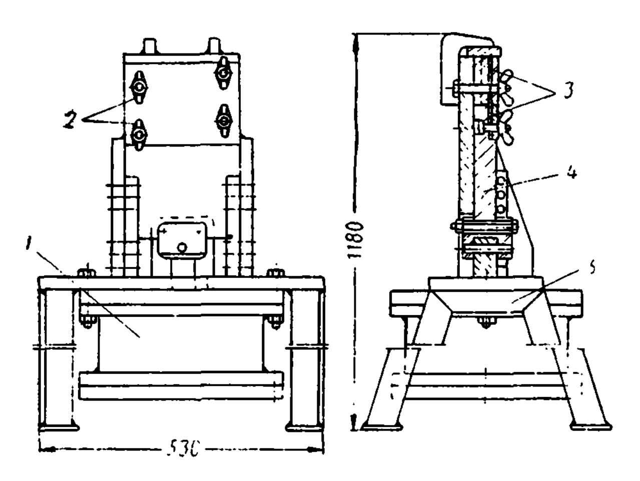


Рис. 111. Приспособление для формовки перехода из слоя в слой при намотке двухслойных катушек

ный конец закрепляют в планшайбе намоточного станка. В процессе намотки катушек плашмя одновременно укладывается межвитковая изоляция из электронита или асбестовой бумаги толщиной 0,3 *мм*, пропитанной в глифталевом лаке. При намотке катушек для направления межвитковой изоляции применяют специальное пружинное приспособление со свободно укрепленным роликом асбестовой бумаги; последнюю без всяких отклонений направляет намоточный шаблон. Сдвиги и надрывы межвитковой изоляции недопустимы.

В процессе намотки катушек главных полюсов двигателей НБ-406Б второй и предпоследний (27-й) витки дополнительно изолируют стеклолентой 0,2×35 *мм* одним слоем в полуперекрышу. Под предпоследний виток первого слоя для закрепления прокладывают три крепительные скобы (две промежуточные и одну концевую) из белой жести размером 0,25×50×80 *мм*. Во избежа-

ние образования межвиткового замыкания в этих местах под каждую скобу устанавливают прокладку из гибкого миканита 0,5×50×70 *мм*, а наружную поверхность скоб изолируют полосками прокладочного миканита 0,5×35×100 *мм*. После намотки последнего витка концы промежуточных скоб загибают, а кромки их припаивают к меди последнего витка припоем ПОС-30.

Для намотки второго слоя шаблон с намотанным первым слоем снимают со станка, перевертывают на 180°, а свободный конец первого слоя сваривают с медью бухты. Место сварки должно быть расплющено и обработано до получения нормальных размеров шины, а также тщательно зачищено от заусенцев и изолировано микалентой 0,13×30 *мм* (одним слоем в полуперекрышу). Второй слой катушки главного полюса НБ-406Б наматывают так же, как и первый. Для приклепки кабельных патронов последние витки первого и второго слоев катушки размечают, выдерживая размер $100^{\pm 2}$ *мм* от оси катушки до торца отверстия под кабель в патроне. Освободив последний виток каждого слоя катушки под концевой скобой, тщательно зачищают и лудят припоем ПОС-30 соприкасающиеся поверхности шин катушки и кабельных патронов. После сверления отверстий приклепывают патроны к шинам медными заклепками 3×14 *мм* впотай и место соединения пропаивают припоем ПОС-30.

В последнее время на ряде электромашиностроительных заводов припаивают выводные кабели непосредственно к последним виткам катушки твердым медно-фосфористым припоем при помощи подвижных сварочных клещей, питаемых от трансформатора. После намотки и приклепывания или приваривания выводных скоб и патронов для выводных кабелей катушки главных полюсов снимают со станка, опрессовывают на гидравлическом прессе в приспособлении давлением до 40 *Т* и испытывают на отсутствие межвитковых замыканий.

Намотка катушек из шинной меди на ребро. Катушки дополнительных полюсов большинства тяговых двигателей и катушки главных полюсов двигателей НБ-412М наматывают из голой шинной меди на ребро на намоточных станках с применением различных приспособлений. На заводе МЭМРЗ для намотки катушек

дополнительных полюсов двигателей НБ-411, ДПЭ-400 и ДПЭ-340 из меди сечением 3,05×35 *мм* используют специальный станок, оснащенный приспособлением (рис. 112) конструкции завода НЭВЗ. Это приспособление укрепляют на планшайбе станка и располагают вдоль наклонно укрепленного основания.

При намотке катушек на ребро медная шина должна быть направлена так, чтобы она шла по касательной к окружности изгиба. Намоточное приспособление поворачивается вокруг двух центров и совершает поступательное движение. Таким образом, движение приспособления для намотки на ребро состоит из двух вращательных движений. При намотке одного витка приспособление совершает следующие движения: начинает поворачиваться вокруг центра заштрихованной стороны шаблона и приходит в положение рис. 113,*б*; движется поступательно и приходит в положение рис. 113, *в*; поворачивается на 180° и приходит в положение рис. 113, *г*; совершает поступательное движение и возвращается в первоначальное положение рис. 113,*а*.

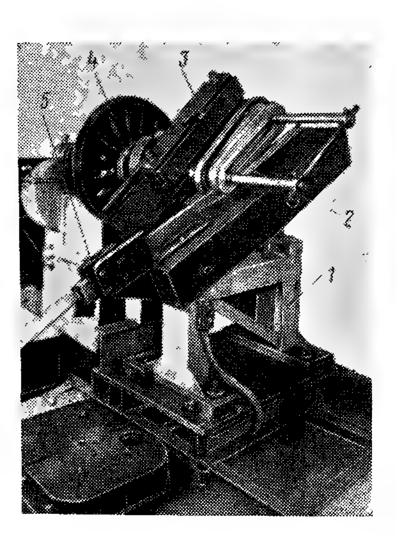


Рис. 112. Приспособление для намотки на ребро катушек дополнительных полюсов:

1 — основание; 2 — виток катушки; 3 — приспособление для намотки; 4 — планшайба намоточного станка; 5 — натяжное устройство

Завод «Динамо», а по его примеру и многие ремонтные заводы МПС наматывают катушки дополнительных полюсов из голых шин на ребро на обычных универсальных намоточных станках ТТ-24 при помощи специальной штанги. Штангу укрепляют шарнирно в проушинах вертикальной стойки, устанавливаемой вблизи от станка. Наматывают катушки вокруг оправки при непрерывной подаче масла или эмульсии из подвесной коробки, укрепленной на штанге и снабженной войлочным фитилем, питаемым из

бачка, расположенного выше штанги. При работе на таких приспособлениях намотчик устанавливает бухты на карусель при помощи местной кран-балки грузоподъемностью 0,5 *Т* с пневматическим или электрическим приводом, заправляет медную шину в натяжную плашку и направляющие планки, укрепленные на штанге. Катушки наматывают непрерывной спиралью, а затем подвесными пневматическими или рычажными ножницами разрезают на отдельные катушки с необходимым числом витков.

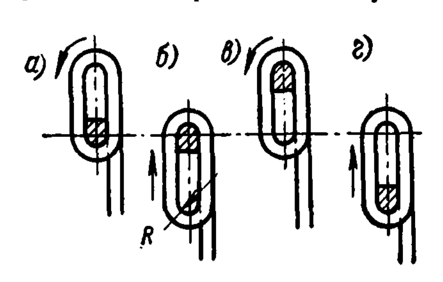


Рис. 113. Схема намотки полюсных катушек на ребро

Шаблоны для намотки на ребро катушек главных полюсов двигателей НБ-412М по своей конструкции существенно не отличаются от намоточных шаблонов для катушек дополнительных полюсов. При этом первые имеют прямоугольный контур намотки с четырьмя радиусами по углам, а последние — двухрадиусную овальную форму. Направляющие планки, удерживающие обмоточный провод в процессе намотки витка, так же, как и натяжные плашки, одинаковы. При намотке на ребро медных шин часто возникают гофры на радиусных переходах катушек, приводящие к утолщению шины в центре на внутреннем радиусе за счет сжатия ее внутренних волокон.

На большинстве заводов для устранения этих дефектов катушки отжигают и опрессовывают, прокладывая закаленные стальные пластины между витками в местах закруглений.

Возникающие при этом внутренние напряжения снимают вторым отжигом, после которого катушку вторично опрессовывают, придавая ей чертежные размеры.

Для этих целей используют приспособление, состоящее из двух щек и разборного трехклинового сердечника. Приспособление устанавливают на плиту гидравлического пресса, надевают катушку и затем опрессовы-

вают ее сначала по высоте, при этом прессовку ограничивает высота сердечника. После затяжки клиньев катушку опрессовывают с боковых сторон. В этом случае прессовку также ограничивает ширина щеки приспособления. У катушек главного полюса НБ-412М после отжига и опрессовки выбивают радиус $R = 407$ *мм* и фрезеруют скосы на боковых сторонах согласно чертежу. Медь катушек очищают, опиливая заусенцы и неровности каждого витка напильником, а затем продувают сухим сжатым воздухом и окончательно очищают витки капроновой щеткой.

При изготовлении и заводском ремонте катушек дополнительных полюсов тяговых двигателей ДПЭ-340, ДПЭ-400 и НБ-406 на заводе МЭМРЗ модернизируют выводы катушек по предложению старшего мастера депо Чусовская Шешина Г. А. На рис. 114 изображена конструкция выводной скобы, которую припаивают мед-

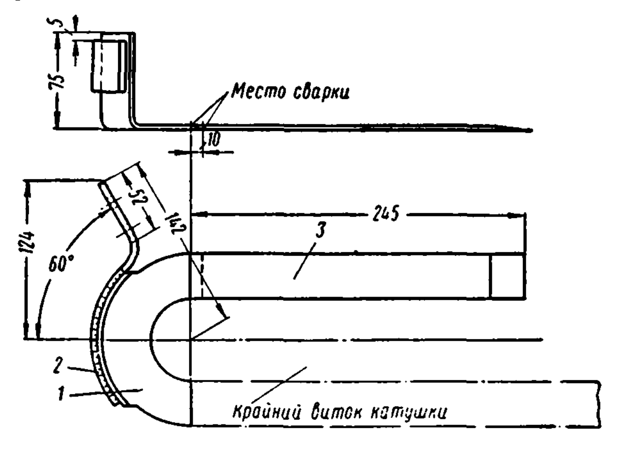


Рис. 114. Выводная скоба катушек дополнительных полюсов тяговых двигателей ДПЭ-400 и НБ-406:
1 — скоба; 2 — вывод; 3 — вставка

но-фосфористым припоем к крайним виткам катушки. Припайку (приварку) выводных пластин к катушкам дополнительного полюса обычно выполняют на слесарном участке. Контактный сварочный трансформатор для удобства и облегчения работы слесарей оборудован

подъемным столиком и поворотной кран-балкой грузоподъемностью 0,3 *Т*. Перед припайкой выводов крайние витки зачищают, а после сварки неровности и наплывы припоя обрабатывают пальцевой фрезой, приводимой во вращение при помощи гибкого вала от пневматической шлифовальной машины.

Намотка катушек из изолированной меди. При обрывах, межслойных замыканиях и пересохшей изоляции витков катушки вспомогательных машин из изолированной меди заменяют новыми. Эти катушки изготавливают из обмоточного провода с хлопчатобумажиой, капроновой и другой изоляцией на специальных малогабаритных намоточных станках, наматывая провода на шаблон. Шунтовые катушки для динамоторов ДК-601 и ДК-604, имеющие 11 900 витков, наматывают из провода ПЭЛШКО диаметром 0,31 *мм* на высокопроизводительных станках, оборудованных счетчиками для контроля числа витков. Такие станки наматывают катушки на изготовленные из силумина шаблоны со скоростью до 700 *об/мин*. Для лучшей укладки витков в ступеиях и удержания их от сползания в намоточных шаблонах применяют текстолитовые закладные кольца с разъемом посередине продольной части и толщиной, равной разности между полной высотой катушки и высотой ступени. Наружные размеры такого кольца соответствуют наружным габаритам щек намоточного шаблона.

Наматывая катушки, промазывают их слои клеящим глифталевым или шеллачным лаком удельным весом 0,96. После намотки витки катушки запекают на иамоточном шаблоне в печи при температуре 130°С в течение 8 *ч*, а затем проверяют габаритные размеры и состояние межвитковой изоляции. О состоянии изоляции судят по величине сопротивлеиия катушки, которое измеряют мостом МД6 или УМВ. Заниженное омическое сопротивление катушек обычио указывает иа замыкание витков.

Ремонт и перепайка выводных кабелей. Снятые при разборке катушек выводные кабели тщательно осматривают, обращая особое внимание на состояние изоляции. Местные повреждения резиновой изоляции кабеля можно устранять, подматывая несколько слоев иатуральной резины и лакоткани с промазкой каждого слоя глифталевым лаком. Сращивание выводных проводов тяговых двигателей при заводском ремонте запрещено.

Для вспомогательных машин можно сращивать выводные провода на расстоянии не менее 20 *мм* от корпуса, хорошо пропаивая и тщательно изолируя места соединений. Кабели, у которых обрыв токоведущих жил превышает 5%, заменяют новыми соответствующей марки и сечения. Наконечники с трещинами или обгорелые также заменяют новыми.

Наконечники выводных концов и межкатушечных соединений тщательно облуживают и проверяют плоскости контакта.

На заводе МЭМРЗ кабель предварительно нарезают по размеру на пневматических ножницах. Эти ножницы просты по своей конструкции и состоят из нижнего подвижного ножа, укрепленного на штоке пневматического цилиндра, и верхнего неподвижного ножа, укрепленного на кронштейне, приваренном к верхней крышке пневмоцилиндра. Ножи выполнены в форме призмы с радиусом у вершины. При сближении ножи образуют отверстие, близкое по своему профилю к сечению кабеля. Концы кабеля сечением от 10 до 120 *мм*² очищают от изоляции на другом пневматическом приспособлении, состоящем из двух пневматических цилиндров. Один из цилиндров предназначен для надреза изоляции кабеля сменяемыми ножами с режущим профилем лунки, соответствующим диаметру кабеля, а второй — для снятия изоляции с конца кабеля. Кабельные наконечники изготавливают из медных трубок, нарезанных по размерам, указанным в чертежах. Для повышения качества паяных соединений трубки перед опрессовкой с кабелем лудят гальваническим способом в специальной колокольной ванне. Опрессовывают кабель-

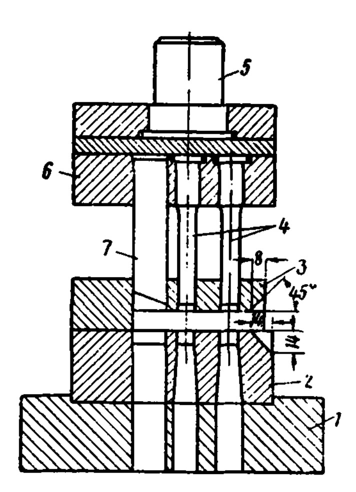


Рис. 115. Штампы для пробивки отверстий и отрезки кабельных наконечников:

1 — плита; 2 — матрица; 3 — направляющая; 4 — пуансоны для пробивки отверстий; 5 — хвостовик; 6 — пуансонодержатель; 7 — пуансон для обрезки

ные наконечники в штампах (рис. 115) на эксцентриковом прессе усилием до 10 *Т*, одновременно зачищая их и пробивая два отверстия для крепления межкатушечных соединений. После опрессовки кабельные наконечники лудят в электрических ванночках припоем ПОС-30.

Если по данным дефектировки необходима только замена или ремонт кабельных выводов, то у таких катушек снимают корпусную изоляцию и удаляют изоляционную замазку с передней лобовой части с заходом на боковые стороны на 40—50 *мм*, срезав для этого края корпусной изоляции с уклоном к разызолированной части на длине 20—30 *мм*. После отпайки кабельных выводов тщательно очищают и лудят отверстия в патронах и впаивают новые или отремонтированные кабели. Длина и маркировка кабелей должны соответствовать чертежу.

43. ИЗОЛИРОВАНИЕ КАТУШЕК

Изолирование катушек главных полюсов. На изолирование катушки главных полюсов поступают после испытания на межвитковое замыкание и измерения сопротивления. Выровняв верхний слой катушки относительно нижнего, изолируют при необходимости медь в месте перехода из слоя в слой, обрезая выступающие края межслойной прокладки по контуру катушки. Все угловые уступы между слоями и неровности у выводов заполняют изоляционной замазкой.

Для заполнения впадин у полюсных катушек машин с изоляцией классов А и В замазка состоит из 25% лака БТ-99, 13% асбеста пушеного и 62% маршалита. Перед употреблением маршалит и асбест просушивают в течение 2 *ч* при температуре 120°С. Для приготовления замазки загружают в мешалку асбест, заливают часть лака БТ-99 (15%) и 8—10 *мин* перемешивают. Затем засыпают маршалит и перемешивают в течение 1 *ч* после этого вливают в мешалку вторую часть лака БТ-99 (10%) и перемешивают все составляющие 15 *мин*. По наружному виду замазка должна быть плотной, однородной, пластичной и темно-коричневого цвета. От каждой партии отбирают пробы для проверки в лаборатории. Образец замазки размером 7×65×65 *мм* после сушки при 105°С в течение 10 *ч* должен быть твер-

дым. Его водопоглощаемость после 24 *ч* пребывания в воде при 20°С не более 2%, пробивная напряженность электрического поля высушенного образца не менее 2 *кв/мм,* а после 24 *ч* пребывания в воде — 1,5 *кв/мм.*

После заполнения скосов и неровностей изоляционной замазкой катушки изолируют асбестовой лентой 0,4×25 *мм* одним слоем встык. Во избежание утолщений между витками ленты на прямолинейной части катушки допустимы просветы до 2 *мм*, на наружных углах — до 10 *мм*, а на внутренних углах ленту срезают по ширине. После изолирования асбестовой лентой на всю поверхность катушки, включая выводные кабели, накладывают временный бандаж из киперной ленты 0,4×40 *мм* одним слоем в 1/4 перекрытия и направляют ее на сушку замазки и в первую компаундировку. При изготовлении новых и заводском ремонте катушек главных полюсов с наложением новой замазки более чем на 1/3 периметра ее вместе с катушками сушат 18—24 *ч* в циркуляционной печи при температуре 120—130°С.

После компаундирования, пока катушки не остыли ниже 50°С, снимают временную киперную ленту и опрессовывают их по высоте и окну в специальных прессформах на гидравлическом прессе. Затем шаблоном проверяют габаритные размеры катушек и испытывают витковую изоляцию. Заполнив изоляционной замазкой все впадины и неровности, образовавшиеся после компаундирования, укладывают выравнивающую изоляцию из пропитанной асбестовой бумаги или гибкого миканита толщиной 0,3—0,5 *мм.*

Корпусная изоляция катушек главных полюсов тяговых двигателей электровозов состоит из шести-семи слоев микаленты ЛФЧ-ББ 0,13×30 *мм* в полуперекрышу. В связи с внедрением эскапоновой изоляции на заводе МЭМРЗ при изготовлении и ремонте тяговых двигателей электропоездов полюсные катушки изолируют от корпуса четырьмя-пятью слоями липкой стеклоэскапоновой ленты ЛСЭЛ 0,18×30 *мм* в полуперекрышу. Ленту наматывают с плотной утяжкой. Во избежание утолщений на внутренних углах катушки ее подрезают до 1/2—1/3 ширины, обращая особое внимание на правильную укладку ленты с наружной стороны. При изолировании липкой стеклоэскапоновой лентой все ее

слои плотно укладывают только в одном направлении, приглаживая рукой. После изолирования от корпуса на кабели в местах выхода из катушки надевают защитные жакетики из сурового полотна и утягивают изоляцию катушки киперной ленты 0,4×30 *мм* одним слоем в полуперекрышу.

В окно катушек главных полюсов двигателей НБ-406Б и НБ-411 вставляют стальную рамку, предварительно выправленную и тщательно зачищенную от заусенцев и острых краев. Далее на катушку с рамкой, включая выводные кабели, накладывают временный бандаж из одного слоя киперной ленты в 1/4 перекрытия, обматывая основание выводов катушек двумя оборотами ленты, и направляют во вторую компаундировку. Катушки, изолированные липкой стеклоэскапоновой лентой, перед гидростатическим обжатием компаундом необходимо выдержать 24 *ч* на воздухе в цехе. Катушки вспомогательных машин изолируют от корпуса четырьмя — шестью слоями стеклоэскапоновой лакоткани ЛСЭ-0,17 с последующим наложением покровной и временной изоляции из киперной ленты.

Изолирование катушек дополнительных полюсов. Перед укладкой межвитковой изоляции катушки дополнительных полюсов, намотанные из голой меди на ребро, погружают в ванну с глифталевым лаком ГФ-95 (или пропиточным лаком № 447) и выдерживают в лаке 2—3 *мин.* Затем катушки вынимают и дают стечь излишкам лака. Подвесив катушку на специальную стойку, растягивают ее гармошкой и укладывают между витками пропитанные в глифталевом лаке ГФ-95 по две штампованные прокладки из асбестовой бумаги толщиной 0,3 *мм* с нахлестом 5 *мм.* При укладке прокладок следят за тем, чтобы не было сдвига изоляции, а прокладки с внутренней и наружной стороны выступали по ширине катушки на 1—2 *мм.* Связав витки киперной ленты, снимают катушку со стойки, стягивают в приспособлении клиньями или струбцинами, не допуская горизонтального и вертикального перекоса витков, и отправляют для запекания межвитковой изоляции в печи при температуре 145—160°С в течение 18—24 *ч.*

После выемки из печи, не снимая струбцин, катушки охлаждают, а затем очищают от подтеков лака, проверяют качество запекания и отсутствие межвитковых замыканий. Далее приклепывают или припаивают мед-

но-фосфористым припоем на контактном трансформаторе наконечники для кабелей к выводным скобам и тщательно зачищают место пайки. Перед наложением изоляции катушку испытывают на отсутствие межвиткового замыкания и измеряют ее сопротивление.

Обрезав выступающую часть изоляции по контуру катушки, укладывают под крайние витки и снаружи выравнивающие прокладки из гибкого миканита. Под каждую выводную скобу закладывают манжету из формовочного миканита, изготовленную в прессформе. Выровняв неровности поверхности катушки замазкой, ее изолируют асбестовой лентой 0,4×25 *мм* одним слоем встык. На внутренних углах во избежание утолщений ленту подрезают по ширине. Наложив на катушку и выводные кабели временный бандаж из киперной ленты одним слоем в $^1/_4$ нахлеста, ее направляют на первую компаундировку.

После компаундирования, сняв временный бандаж, катушки опрессовывают по окну и высоте, затем проверяют шаблоном размеры и испытывают на отсутствие межвитковых замыканий. Катушки дополнительных полюсов изолируют так же, как и катушки главных. Утянув изоляцию катушки киперной лентой одним слоем встык, проверяют шаблоном габариты изолированной катушки и при необходимости устанавливают по месту дополнительно выравнивающие прокладки из полос пропитанной асбестовой бумаги толщиной 0,5 *мм*. После наложения на катушку и выводные кабели временного киперного бандажа одним слоем в $^1/_4$ перекрытия ее вторично компаундируют.

В отличие от тяговых двигателей ДПЭ-340, ДПЭ-400 и НБ-406, все узлы которых имеют изоляцию класса В, в тяговых двигателях НБ-412М электровозов ВЛ60 полюсные катушки выполнены на кремнийорганической изоляции класса Н с допустимой температурой перегрева 180°С. Если при поступлении в заводской ремонт двигателей НБ-412М обнаружено межвитковое замыкание у катушек главных или дополнительных полюсов, то их ремонтируют со снятием и полной заменой корпусной, а при необходимости и межвитковой изоляции.

Ремонт с заменой межвитковой изоляции начинают с очистки катушек от старой изоляции, выправки и опрессовки меди в приспособлении на гидравлическом

прессе. Затем к скобам крайних витков катушки припоем ПМФ припаивают выводные провода марки РКГМ-4000 сечением 95 *мм*² с расположением и маркировкой их согласно чертежу. Местные повреждения изоляции кабеля можно устранять, подматывая несколько слоев резиностеклолакоткани ЛСКР и промазывая каждый слой кремнийорганическим клеящим лаком К-58.

В качестве витковой изоляции применяют электроизоляционную асбестовую бумагу толщиной 0,5 *мм* для главных и 0,3 *мм* для дополнительных катушек. Длинные и короткие прокладки межвитковой изоляции в катушках укладывают между витками с нахлестом не менее 10 *мм*. Изоляцию между витками укладывают так, чтобы не оставалось неизолированных мест и не происходило сползания половинок изоляции в ту или другую сторону. Прокладки должны выступать с внутренней и наружной стороны катушки на 1—2 *мм*. Если межвитковая изоляция катушек требует только частичной замены, то можно применять пропитанную в кремнийорганической эмали ПКЭ-19 или лаке К-58 асбестовую бумагу или электронит.

После проверки катушек на отсутствие межвитковых замыканий, а также качества пайки кабелей и кабельных наконечников под выводные скобы катушки ставят прокладку из гибкого стекломиканита $Г_2$ФКП толщиной 0,3—0,5 *мм*. Все неровности и пустоты у выводов, под скобами и между ними выравнивают кремнийорганической изоляционной замазкой, содержащей 33% эмали ПКЭ-19 с сиккативом № 63 вязкостью 60—65 *сек* по ВЗ-4, 17% распущенного асбестового волокна и 50% пылевидного кварца КП1-2 или сухого просеянного маршалита. Далее переднюю лобовую часть катушки у выводов бандажируют стеклолентой 0,2×35 *мм* одним слоем в полуперекрышу, причем на выводные кабели накладывают временный бандаж из лакоткани ЛХС или ЛСЭ-0,17.

Для пропитки межвитковой изоляции катушек и покровной стеклоленты применяют кремнийорганический лак К-58, смешанный с раствором эпоксидной смолы ЭД-6. Лак К-58 готовят в такой последовательности: доводят лак К-58 добавлением ксилола до вязкости 82—87 *сек* по ВЗ-4 при 20°С и приготавливают спирто-

ксилольную смесь из гидролизного спирта и ксилола в соотношении 1:1. Эпоксидную смолу ЭД-6 растворяют в спирто-ксилольной смеси (из расчета на 1 *кг* лака К-58 80 *г* эпоксидной смолы и 30 *г* смеси), после чего вводят этот раствор в лак К-58 и тщательно перемешивают. Приготовленную смесь разбавляют для пропитки межвитковой изоляции катушек до вязкости 30—35 *сек*, а для пропитки стеклоленты — до 11—12 *сек* по ВЗ-4 при 20°С. Срок годности лака после введения эпоксидной смолы 24 *ч*, причем критерием непригодности может служить свертывание (коагуляция). Поэтому готовят такое количество лака, которое может быть израсходовано менее чем за 24 *ч* с момента приготовления.

Катушки для пропитки погружают в бак с приготовленным лаком и выдерживают не менее 1 *ч* при межвитковой изоляции из асбестовой бумаги и не менее 2 *ч* при изоляции из электронита. После пропитки и стока лака в течение 1 *ч* катушки главных полюсов опрессовывают в специальном приспособлении давлением 70—80 *Т*, а катушки добавочных полюсов зажимают в другом приспособлении (струбцинах), утягивая их без перекосов.

Зажатые в приспособлениях катушки (рис. 116) помещают в печь для выпечки сначала при температуре

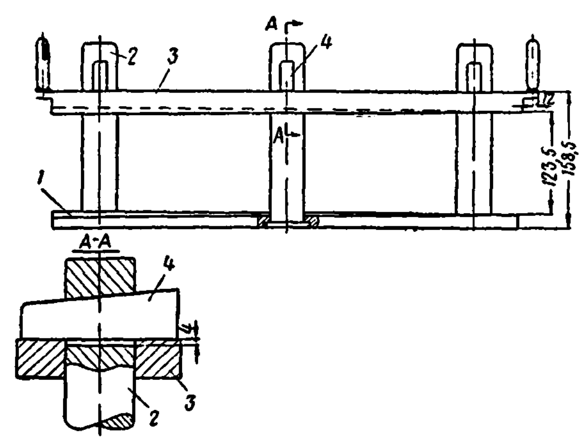


Рис 116 Приспособление для выпечки межвитковой изоляции катушек:

1 — основание, 2 — штырь, 3 — струбцина, 4 — клин

120—140°C в течение 4 *ч*, затем при температуре 180—200°C в течение 6—8 *ч*. После выпечки, охлаждения и снятия приспособления катушку очищают от натеков лака и тщательно обрезают выступающую часть изоляции по наружному контуру и окну, обращая внимание на состояние витков. В случае расслоения двух-трех витков их промазывают лаком без последующей запечки. При расслоении большего числа витков катушку вторично пропитывают, опрессовывают и запекают.

Проверив шаблоном габариты катушки по окну и наружному контуру, ее испытывают на отсутствие межвиткового замыкания и измеряют омическое сопротивление. Корпусная изоляция катушек полюсов тяговых двигателей НБ-412М состоит из стекломикаленты ЛФК-ТТ 0,13×20 *мм* (5 слоев в полуперекрышу), при наложении которых каждый слой тщательно промазывают лаком К-58 или эмалью ПКЭ-19. На внутренних углах катушки во избежание утолщений микаленту подрезают по ширине и одновременно следят за соблюдением перекрыши на наружных углах. При изолировании чередуют направление слоев микаленты, укладывая ее плотно, выравнивая и утягивая рукой.

Защитная изоляция катушки состоит из стеклоленты 0,2×35 *мм* (1 слой в полуперекрышу). Под гидростатическое обжатие компаундом укладывают временный бандаж: вначале один слой киперной ленты, затем два слоя лакоткани ЛХС или ЛСЭ-0,17 и, наконец, один слой киперной ленты в полуперекрышу. Для предохранения от затекания компаунда слои лакоткани промазывают эмалью ПКЭ-19.

При работе с кремнийорганическими материалами в процессе изолирования полюсных катушек строго соблюдают требования техники безопасности. Работы выполняют в спецодежде и только при исправно действующей на рабочих местах приточно-вытяжной вентиляции. Руки смазывают специальной защитной мазью «биологические перчатки». Во время работы не следует касаться лица и других открытых частей тела руками, загрязненными кремнийорганическими лаками и эмалями, а также эпоксидными смолами. На рабочих местах периодически проверяют концентрацию паров вредных веществ, которая не должна превышать установленных норм.

44. КОМПАУНДИРОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ПОЛЮСНЫХ КАТУШЕК

Компаунды. Пропиточные и заливочные массы, не содержащие растворителей, жидкие в момент их применения и твердеющие в результате происходящих в них химических процессов или после охлаждения, называют компаундами. Их делят на термопластичные, твердеющие при охлаждении, и термореактивные, твердеющие в результате процессов полимеризации.

При заводском ремонте тяговых двигателей и вспомогательных машин полюсные катушки пропитывают термопластичными компаундами, размягчающимися при нагревании. Для машин с изоляцией классов А и В употребляют компаунд 225Д, который состоит (по весу) из 82% ухтинского битума марки Б или Г, 6% канифоли и 12% полимеризованного (обезвоженного) льняного масла. Для приготовления этого компаунда битум загружают в смеситель, расплавляют и нагревают до температуры 160°С. При этой температуре, постоянно перемешивая битум, добавляют мелкими порциями канифоль, после расплавления которой заливают полимеризованное льняное масло. Затем снова поднимают температуру до 160°С и варят компаунд до получения необходимой температуры размягчения. Приготовленный компаунд имеет удельный вес 0,95—0.96 при 20°С.

В результате соприкосновения с кислородом вязкость компаунда с течением времени увеличивается, а его пропитывающая способность снижается. Поэтому перед употреблением проверяют состояние компаунда и при необходимости для снижения температуры размягчения сплавляют его с жидким разбавителем 225Р, состоящим примерно из тех же компонентов, что и компаунд 225Д. Разбавитель добавляют в компаунд 225Д, нагретый до 150—160°С, и тщательно перемешивают смесь. Температуру размягчения компаунда 225Д можно повысить, добавив битум с более высокой температурой размягчения, а также продувая через него нагретый воздух.

В приложении 3 приведены основные характеристики битумов, компаунда и разбавителя, применяемых для пропитки изоляции полюсных катушек тяговых двигателей. Некоторые тепловозоремонтные заводы при

компаундировании полюсных катушек электрических машин применяют компаундную массу, приготовленную без льняного масла, по следующему рецепту (по весу): ухтинский битум марки Г — 50%, нефтебитум дорожный марки БН-3 — 49% и канифоль — 1%. После разогрева битумы выдерживают 6 *ч* при температуре 160°С, загружают канифоль, периодически перемешивая массу, и варят 8 *ч* при той же температуре. Отсутствие в этом компаунде льняного масла снижает его морозостойкость и увеличивает хрупкость при низких температурах.

В последнее время в электропромышленности широкое применение получили термореактивные компаунды, лишенные таких недостатков битумных компаундов, как вытекание при повышенных температурах, необходимость высоких температур при пропитке, старение изоляции. Создание новых синтетических полимерных материалов (полиэфирных, полиуретановых и эпоксидных смол) позволило разработать ряд новых компаундов, принципиально отличающихся от битумных. Широкие перспективы открылись в области внедрения литой изоляции, основное преимущество которой — возможность получения изделий в виде монолитных блоков необходимой конфигурации, не требующих дополнительной обработки и обладающих высокими механическими и диэлектрическими свойствами. При изготовлении литой изоляции применяют специальные жидкие составы смол и компаундов, которыми пропитывают и заливают обмотки, и затем прогревом или иным способом эти составы переводят в неплавкое состояние.

Для нагревостойкой изоляции, длительно работающей при температуре 150—200°С, применяют кремнийорганические компаунды. Выпускаемый отечественной промышленностью компаунд К-43 обладает высокими нагревостойкостью, влагостойкостью и электроизолирующими свойствами. Однако, компаунд К-43 нельзя считать полноценным, так как в процессе отвердения из него выделяются побочные продукты.

Технология компаундирования катушек. Предварительно отремонтированные полюсные катушки после проверки на межвитковые замыкания и измерения сопротивления компаундируют и красят. При заводском ремонте второго объема катушки тяговых двигателей

электроподвижного состава компаундируют два раза: первый раз до наложения корпусной изоляции, а второй — после наложения корпусной и покровной изоляции. При заводском ремонте первого объема катушки компаундируют один раз после окончательного изолирования. Для катушек тяговых двигателей тепловозов при ремонтах как первого, так и второго объема допускают одну компаундировку. Компаундированием из изоляции удаляют влагу и растворители, а воздушные промежутки в изоляции уничтожают за счет опрессовки и заполнения их компаундами. Все это повышает электрическую прочность изоляции.

Перед компаундировкой катушки с наложенным временным бандажом из киперной ленты размещают в специальных корзинах так, чтобы ко всем поверхностям их был обеспечен свободный доступ компаундной массы. Для этого катушки кладут плашмя (не более пяти рядов в высоту) или вертикально, устанавливая металлические прокладки, обеспечивающие зазор между катушками не менее 25 *мм*. Корзины с катушками загружают в автоклав так, чтобы верхний уровень катушек был ниже воздухопровода на 200 *мм*.

Компаундирование полюсных катушек включает в себя сушку изделий при атмосферном давлении и вакууме и пропитку в битуме под давлением. Процесс компаундирования основан на том, что во время пропитки разжиженный при повышенных температурах компаунд под действием вакуума и давления проникает в поры изоляции катушек и одновременно опрессовывает их.

После загрузки в автоклав катушки нагревают и сушат 4—8 *ч* при неплотно закрытой крышке автоклава и атмосферном давлении.

Нагрев при атмосферном давлении предупреждает разбухание изоляции катушек, которое возможно из-за интенсивного испарения растворителей в случае, когда сушку начинают сразу под вакуумом.

Время сушки выбирают в зависимости от габаритов изделий и вида ремонта. Внутри автоклава поддерживают температуру 150—160°C для катушек с изоляцией класса B и 120—130°C для катушек с изоляцией класса A. Для стабильности процесса компаундирования температура нагрева изоляции и компаунда должна иметь наименьшие колебания и не превышать установ-

ленных значений более чем на +10°С. Такую регулировку температуры обеспечивают потенциометрические приборы ЭПД-12.

После окончания сушки при атмосферном давлении плотно закрывают крышку автоклава и продолжают сушку под вакуумом 300—350 *мм рт. ст.* в течение 3 *ч*, а затем под вакуумом 600—650 *мм рт. ст.* — 1 *ч*. Сушка под вакуумом необходима не только для удаления растворителей и влаги, но и для того, чтобы компаунд глубже проник в изоляцию катушек. Ко времени окончания сушки изделий подготавливают компаундную массу 225Д. Во избежание образования пробок при компаундировании массу нагревают так, чтобы ее температура была на 10°С ниже температуры катушек, находящихся в автоклаве. Если температура изделий будет ниже температуры массы, то компаунд, остывая на катушке, увеличит свою вязкость и вместо проникновения в глубь изоляции осядет на ее поверхности. Предварительно перед пуском компаунда в автоклав массу хорошо промешивают в битумомешалке, проверяют ее пропитывающую способность и температуру размягчения. Пропитывающая способность компаундной массы при 150°С должна быть не менее 16 листов перкаля, а температура размягчения — в пределах 98—103°С по «кольцу и шару».

Компаундную массу в автоклав впускают при вакууме 200—300 *мм рт. ст.*, постепенно открывая кран, сообщающий битумомешалку с автоклавом. Автоклав наполняют массой в несколько приемов, не допуская попаданий ее в воздуховод. Уровень массы должен быть на 150—200 *мм* выше уровня катушек, а после осадки давлением — не менее чем на 50 *мм*.

Заполнив компаундной массой автоклав с катушками, впускают сжатый воздух, контролируя давление по манометру. Постепенно доведя давление в автоклаве до 6—8 *ат*, поддерживают его в течение 4—6 *ч*, не снижая температуру. Жидкий компаунд под давлением опрессовывает изоляцию катушек и одновременно пропитывает ее. Закончив пропитку, снижают давление до 1—1,5 *ат*, открывают кран, сообщающий автоклав с мешалкой, и перегоняют компаундную массу обратно в смеситель. Затем продувают массопровод и дают стечь излишкам массы с катушек при давлении 3—4 *ат* в тече-

ние 1 *ч*. После стока массы снимают давление сжатого воздуха, открывая кран, сообщающий автоклав с атмосферой, и корзины с катушками вынимают из автоклава. Далее с катушек, пока они не остыли ниже 50°С, снимают временный бандаж, для чего их подвешивают на специальные подставки.

Качество компаундирования контролируют внешним осмотром, а также периодически вскрывают изоляцию отдельных катушек. После компаундировки изоляция должна быть монолитной и плотной, а ее поверхность твердой и не липкой при комнатной температуре. Пропитка должна быть сквозной, без повреждений изоляции и наплывов компаунда. Габаритные размеры катушек определяют шаблоном, а при необходимости катушки опрессовывают по высоте и окну на гидравлическом прессе.

Корпусную изоляцию полюсных катушек из липкой стеклоэскапоновой ленты и кремнийорганических материалов подвергают гидростатическому обжатию и запеканию при температуре 160 и 180°С соответственно в течение 8 и 12 *ч*. Во избежание повреждения изоляции эти катушки не подвергают механическому прессованию. После гидростатического обжатия их размещают на стеллажах, обитых резиной, и снимают временный бандаж, обращая особое внимание на монолитность корпусной изоляции, отсутствие пустот и целостность покровной стеклоленты. Небольшие пятна компаунда и проникновение массы в местах вывода концов кабеля допустимы.

Покраска и отделка катушек. После контроля качества компаундирования и проверки габаритов полюсные катушки всех типов тяговых двигателей и вспомогательных машин окрашивают покровным лаком БТ-99, окуная их для этого в лак или используя пульверизатор. Вязкость лака по ВЗ-4 при 20°С должна быть в пределах 13—15 *сек*. Окрашенные катушки сушат на воздухе не менее 3 *ч* или в печи до полного прекращения отлипа. Затем очищают наконечники выводных кабелей от компаунда и лака, промывают бензином и при необходимости лудят в переносной ванночке припоем ПОС-30. На торцовой поверхности каждой полюсной катушки наносят эмалью порядковый номер, соответствующий расположению в остове, а также вид ремонта.

45. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПАУНДИРОВАНИЯ И ПОКРАСКИ ПОЛЮСНЫХ КАТУШЕК

Установка для компаундирования полюсных катушек состоит из автоклава, смесителя, конденсатора, вакуумного насоса, массопровода, кранов, клапанов и измерительных приборов. Автоклавы и смесители устанавливают в котловане на фундаментах, а вблизи располагают конденсатор поверхностного охлаждения для частичной очистки воздуха от влаги и конденсации паров растворителей. В сеть установки также включают влагомаслоотделители для удаления механических примесей, влаги и масла из сжатого воздуха, поступающего из заводской пневматической сети. Для откачки воздуха и неконденсирующихся газов при вакуумной сушке катушек применяют вакуум-насосы типа ВН-6. Отсасываемые из автоклавов пары вначале проходят через массоотделитель (ловушку), установленный на общем трубопроводе, а затем через конденсатор, в котором они конденсируются. Несконденсированные газы вакуум-насосы выбрасывают в атмосферу.

Вакуум-насос через бачок поверхностного охлаждения соединен с распределительной вакуумной гребенкой, откуда вакуум-провод идет к автоклавам. На распределительной вакуумной гребенке установлен для каждого автоклава разобщительный кран, вакуумметр и спускной кран. Два разобщительных крана — один на воздушной магистрали, другой на вакуумной — сблокированы между собой, что исключает возможность одновременного открытия обоих кранов. Автоклав для пропитки якорей (см. рис. 109) и автоклав для компаундирования катушек (рис. 117) отличаются друг от друга только некоторыми размерами. Автоклав и смеситель можно обогревать тремя способами: паром, горячей жидкостью и электричеством. При нагревании компаундной массы, сушке и компаундировании катушек давление пара в рубашке автоклава и смесителя должно быть не ниже 8 *ат*. Во избежание повышения давления выше допустимого на подводящем паропроводе установлен предохранительный клапан.

Установки с масляным обогревом, кроме автоклава и смесителя, имеют дополнительное оборудование для нагревания масла, циркуляции и защиты его от воспламене-

ния. Для обогрева автоклавов и смесителей применяют тяжелые цилиндровые масла с температурой вспышки не ниже 300°С. Для измерения температуры и отключения электронагревателя при температуре масла свыше 200°С использована термопара, вставленная в нагреватель, и электронный регулятор температуры. Кроме того, нагреватель имеет плавкий предохранитель, включенный в цепь реле, отключающего нагреватель и подающего

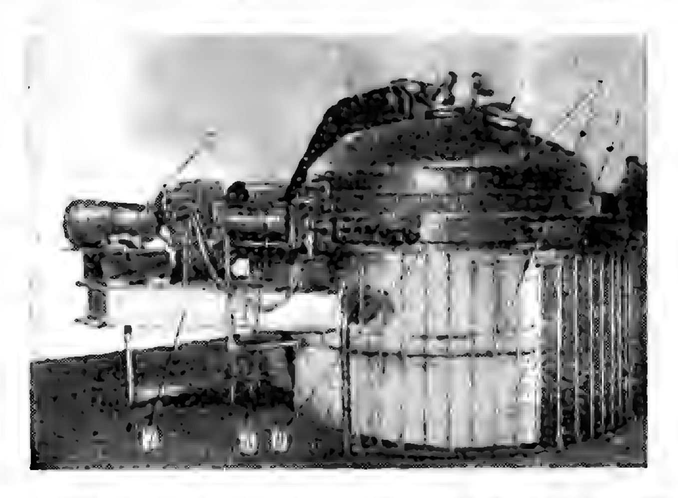


Рис. 117. Автоклав для компаундирования полюсных катушек:
1 — обмотка цилиндрической части; 2 — корпус; 3 — крышка; 4 — смотровой люк; 5 — механизм для подъема крышки; 6 — электродвигатель; 7 — кронштейн; 8 — пневматический цилиндр затвора; 9 — затвор

звуковой сигнал. Если температура превысит 200°С и регулятор не сработает, то расплавится оловянная вставка предохранителя (аварийного термометра), которая прервет цепь этого реле.

В последнее время на ремонтных заводах нашли применение автоклавы и смесители для компаундирования полюсных катушек с индукционным обогревом. Эти установки имеют электрические индукционные нагреватели, состоящие из обмоток цилиндрических частей, обмоток днища и труб, соединяющих автоклав и смеситель, а также нагревательных катушек, надетых на краны, перепускающие компаундную массу (рис. 118). Обмотка цилиндрической части котла (узел А)

имеет 100 витков из провода ПБД 4,7×7,4 *мм*², уложенных в два слоя на изоляцию. Автоклав подключают к сети 380 *в*, и он потребляет мощность 28 *ква*. Размеры рабочего пространства 1400×1944 *мм*. Для предотвращения подгорания массы и равномерного распределения температуры по всему рабочему объему котла

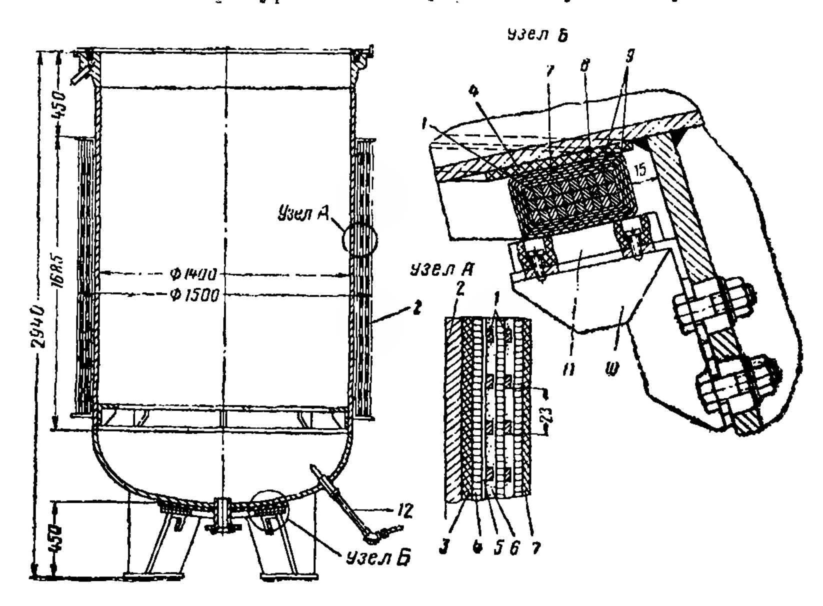


Рис. 118. Обмотки цилиндрической части (узел А) и днища (узел Б) автоклава для компаундировки катушек:

1 — обмоточный привод; 2 — стенка корпуса; 3 — шамотная глина; 4 — асбестовый картон; 5 — миканит; 6 — замазка изоляционная; 7 — асбестовое полотно; 8 — микалента; 9 — асбестовая лента; 10 — кронштейн; 11 — текстолитовая подушка; 12 — термопара

автоклава целесообразно наматывать индукторы на наружную стенку, а пространство между наружной и внутренней стенками заполнять сухим кварцевым песком. Обмотка днища имеет 29 витков из такого же провода (узел *Б*).

В установках для компаундирования смесители служат для разогрева, перемешивания и хранения компаундной массы. Смеситель представляет собой котел сварной конструкции из углеродистой стали с днищем и крышкой цилиндрической формы. Верхняя крышка смесителя герметического уплотнения не имеет. На

крышке установлен червячный редуктор с электродвигателем и вертикальным валом, соединенными муфтой. Кроме того, крышка имеет загрузочный люк для удобства засыпки компаунда и смотровые окна. Вал, на котором крестообразно расположены лопасти, проходит вертикально внутри котла (его число оборотов 8—10 *об/мин*). Для обеспечения лучшего перемешивания массы лопасти смесителя устанавливают под углом 10° к вертикали. После разогрева массы до 120°С для интенсификации процесса включают мешалку, работающую не менее 1,5 *ч* из всего периода варки массы. Автоклав и смеситель для уменьшения потерь тепла покрывают теплоизоляционной обмуровкой, состоящей из шамотной глины, асбестового картона и изоляционной замазки. Сверху массу обертывают марлей или асбестовым полотном и после окончательной просушки окрашивают.

В днищах автоклавов и смесителей вмонтированы термопары *12* (см. рис. 118), подключенные к приборам типа ЭПД-12, которые показывают и записывают температуру внутри котлов, а также автоматически отключают нагревательные обмотки по достижении максимальной температуры и включают их при снижении температуры ниже минимально допустимой. О включенном или выключенном положении приборов сигнализируют неоновые лампы. Под приборами установлены переключатели, которыми вручную можно включить или выключить питание нагревательных обмоток. Каждому переключателю соответствует сигнальная лампа, показывающая, подано или снято напряжение на соответствующем нагревателе.

На заводе МЭМРЗ полюсные катушки красят на конвейерной установке (рис. 119), смонтированной на бетонном фундаменте. Трасса *2* конвейера длиной 21,6 *м* выполнена из двутавровой балки № 14. Станции натяжения *3* и приводная *4* выбраны по нормалям Союзпроммеханизации. Обе станции через звездочки соединены тяговой разборной цепью *8*, имеющей шаг 100 *мм*. Конвейер пульсирующего действия оборудован подвесками *9* (27 шт.) грузоподъемностью 0,5 *Т*, расположенными друг от друга на расстоянии 800 *мм*. Скорость движения подвесок с учетом остановок принята 0,4 *м/мин*. Производительность установки — 30 катушек

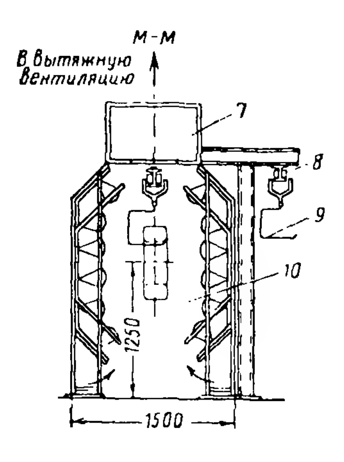


Рис. 119. Конвейер для покраски и сушки катушек:

1 — опора; 2 — трасса; 3 — натяжная станция; 4 — приводная станция; 5 — ванна; 6 — пневматический цилиндр; 7 — воздуховоды; 8 — подвеска; 9 — подвеска; 10 — сушильная камера

в 1 *ч*. Для обеспечения покраски катушек в установку вмонтирована ванна *5*, а для сушки предусмотрена сушильная камера *10*, имеющая ламповую печь, собранную на восьми щитах. Ванна *5* с лаком поднимается воздушным цилиндром *6* на высоту, необходимую для полного окунания катушки в лак. Управление подъемом ванны автоматическое при помощи электропневматического золотника или ручное (трехходовым краном).

Ламповую печь (рис. 120) сушильной камеры подключают к сети 380/220 *в*, и она потребляет мощность 56 *ква*. Габаритные размеры печи 8000×1500××2150 *мм*. Источниками облучения в ламповой печи служат 336 инфракрасных ламп *1* типа ЗС-3, установленных в шахматном порядке вплотную друг к другу. Ниппели и патроны ламп смонтированы в специальных проходных втулках на асбоцементных плитах щитов сборной конструкции. Электрические лампы защищены колпаками из алюминиевого листа толщиной 2 *мм* с таким расчетом, чтобы не помешать прохождению тепловых лучей. Сушка катушек в печи происходит в основном за счет энергии, выделяемой лампами накаливания с зеркальными отражателями. При сушке инфракрасными лампами некоторое количество излучаемого тепла поглощает слой лака, что способствует равномерному нагреву покрытия и быстрому его затвердеванию.

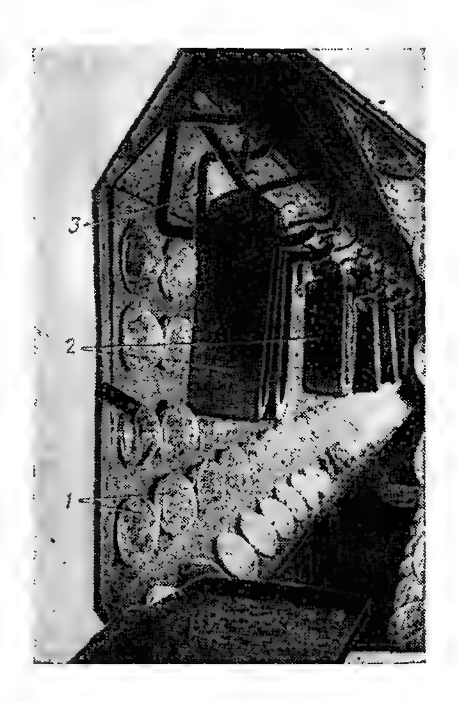


Рис. 120. Ламповая печь конвейера для покраски и сушки катушек:
1 — лампы; 2 — катушки; 3 — подвески

В верхней части сушильной камеры установлен патрубок с регулирующими заслонками, который соединен с воздуховодом. Для удаления паров, образующихся в процессе сушки пропитанных катушек, вентилятор ЭВР-6 создает циркуляцию воздуха с частичным его обновлением.

Температура внутри сушильной камеры при всех включенных лампах достигает 100—120°С. Лампы и вентилятор печи включают и выключают кнопками, установленными на пульте управления и имеющими блокировку, позволяющую включать лампы только после включения вентилятора печи.

Принципиальная схема силовой цепи и цепи управления конвейера и ванны для покраски катушек представлена на рис. 121. Такая система позволяет осуществлять как автоматическое управление конвейером, так и ручное. При ручном управлении подвеску с катушкой останавливают над ванной с лаком и трехходовым краном поднимают и опускают ванну, после чего перемещают конвейер на один шаг, а затем повторяют подъем и опускание ванны. Для подъема ванны ручку трехходового крана устанавливают в положение «верх»; при этом сжатый воздух поступает в нижнюю полость цилиндра подъема ванны. После достижения ванной верхнего положения и пропитки катушки в лаке БТ-99 в течение 30 *сек* ванну опускают, для чего ставят ручку трехходового крана в положение «вниз», и воздух поступает в верхнюю полость цилиндра. Лак стекает в течение 60 *сек*, а затем конвейер перемещают на один шаг (0,8 *м*) и окрашивают следующую катушку.

При автоматическом управлении конвейером остановка подвесок с катушками над ванной с лаком, подъем и опускание ванны и их перемещение на один шаг с последующим повторением описанных действий происходят автоматически.

После покраски лаком БТ-99 катушки проходят зону сушки в ламповой печи и сушатся в камере в течение 15—20 *мин*. Покраску и сушку полюсных катушек на конвейере проводят два раза, после чего их снимают с подвесок цепи конвейера и укладывают в корзины для транспортировки на дальнейшие операции по отделке.

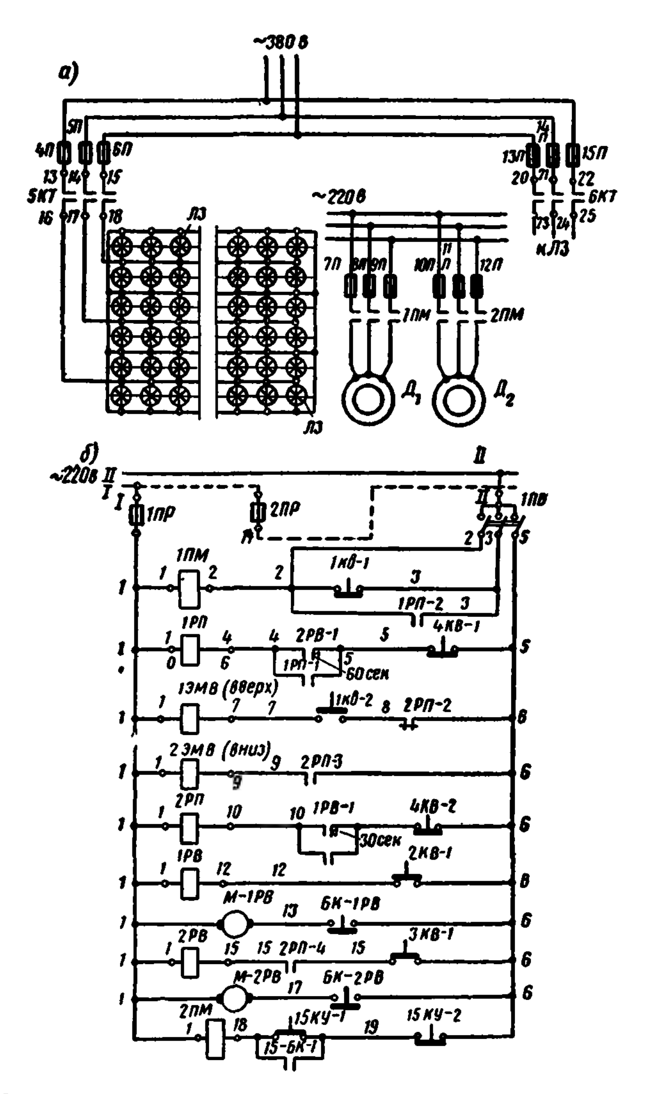


Рис. 121. Принципиальная электрическая схема силовой цепи и цепи управления конвейера для покраски и сушки катушек:

а — схема силовой цепи ламповой печи для сушки катушек; б — схема цепи управления конвейера и ванны для пропитки катушек; $Д_1$ — привод конвейера; $Д_2$ — привод вентилятора; ЛЗ — лампа нагревательная; ПР — плавкий предохранитель; КТ — контактор переменного тока; ПМ — пускатель магнитный; КВ — концевой выключатель; РП — реле промежуточное; ЭМВ — электромагнитный вентиль; М-РВ — мотор реле времени; БК — блок-контакты контакторов; КУ, КВ — кнопки управления

46. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕМОНТА КАТУШЕК

Качество пропитки изоляции полюсных катушек зависит от свойств применяемых материалов (компаунда и лака), а также от соблюдения технологического процесса сушки, компаундирования и покраски. Лаки и компаунды должны соответствовать ГОСТам и техническим условиям. У компаундов проверяют удельный вес, пропитывающую способность, усадку, температуру размягчения и вспышки, кислотное число и испытывают электрическую прочность изоляции на пробой. Все это проверяют при типовых испытаниях, которые проводят один раз в шесть месяцев, а также при замене исходных материалов или при изменении технологии.

Ежедневно контролируют вязкость и температуру размягчения битумных компаундов в рабочих котлах, так как они обычно повышаются в связи с окислительными процессами и испарением некоторых составляющих. Температуру размягчения компаунда по способу «кольца и шара» определяют по ГОСТ 2400—51 специальным прибором (рис. 122), основные детали которого — полированное латунное кольцо *1* с внутренним диаметром 15,7 *мм* и высотой 6,35 *мм* и стальной шарик *2* диаметром 9,5 *мм*. Кольцо заливают вровень с краями расплавленным испытываемым материалом *3*, а излишек его по охлаждении срезают горячим ножом. За температуру размягчения принимают ту, при которой шарик настолько выдавит испытываемый материал, что коснется контрольной пластинки *4*, укрепленной на 25 *мм* ниже кольца.

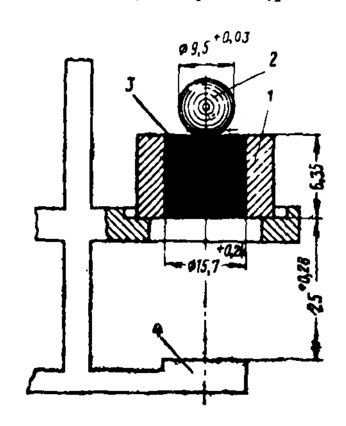


Рис. 122. Устройство прибора для проверки температуры размягчения компаунда

При сушке и компаундировании катушек контролируют и регистрируют температуру, вакуум и время сушки. Для этого используют регистрирующий потенциометр ЭПД-12. Качество ком-

паундирования катушек обычно определяют внешним осмотром. Изоляция катушек должна быть монолитна, не иметь повреждений и наплывов компаунда. После окраски поверхность катушки должна быть гладкой, без подтеков лака, повреждений и морщин изоляции. В процессе приемки катушек осматривают и проверяют исправность выводных кабелей и качество полуды кабельных наконечников. Размеры катушки по окну, наружному контуру и высоте должны соответствовать чертежу.

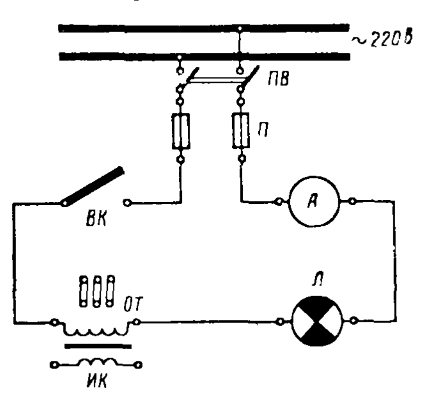


Рис. 123. Принципиальная электрическая схема стенда для контроля межвитковой изоляции катушек:

ПВ — пакетный выключатель; П — предохранитель; ВК — выключатель однополюсный; А — амперметр; Л — лампа; ОТ — обмотка трансформатора; НК — испытуемая катушка

На отсутствие витковых замыканий катушки испытывают на специальной трансформаторной установке или при помощи переносного прибора. Установка для проверки межвиткового замыкания катушек (рис. 123) представляет собой трансформатор с одной (первичной) обмоткой. Вторичной обмоткой служит испытываемая катушка, которую надевают на ярмо трансформатора. При включении установки на напряжение 250 *в* и отсутствии межвитковых замыканий в катушке ток в первичной обмотке трансформатора, измеряемый амперметром *А*, будет практически близок к нулю, а в случае замыкания—значительно возрастет. Более точные результаты дают измерительные устройства, основанные на явлении двойной трансформации, так как они полностью исключают влияние емкостных связей между витками испытываемой катушки. Место межвиткового замыкания определяют по нагреву короткозамкнутых витков. При замыкании одного витка или при значительных сопротивлениях витковых замыканий, особенно при относительно большом числе витков испытываемой катушки,

эти методы недостаточно чувствительны, а установки громоздки и проверка на них трудоемка.

В последнее время на ремонтных заводах нашли применение установки и приборы для испытаний витковой изоляции импульсным напряжением. Для импульсных испытаний межвитковой изоляции на установке ИУ-57 к выводам двух соединенных между собой катушек присоединяют выводы K_2 и K_4 от индикатора установки, (рис. 124), а к середине — вывод K_3 от импульсного генератора установки ИУ-57. При этом катушки L_1 и L_2 и конденсаторы делителей напряжения образуют мост, в диагональ которого включен индикатор. Если обе катушки исправны, то форма кривой отклоняющего луча индикатора будет пологой (рис. 124,*в*). В случае наличия виткового замыкания в одной из катушек их индуктивности не будут одинаковы и между выводами K_2 и K_4 возникает разность потенциалов с определенным знаком, отклоняющая луч индикатора. Чтобы определить, какая из катушек имеет межвитковое замыкание, поочередно замыкают накоротко их выводы, при этом кривые будут иметь пики. При замыкании выводов в катушке с замкнутыми витками форма изображения на экране не меняется (рис. 124,*а*), а может измениться лишь амплитуда. При замыкании выводов исправной катушки форма кривой меняется, амплитуда значительно уменьшается (рис. 124,*б*) и кривая может совсем исчезнуть.

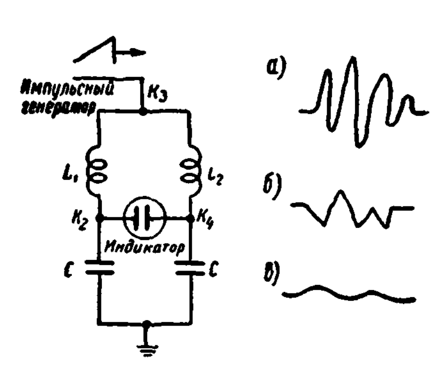


Рис. 124. Схема испытания межвитковой изоляции полюсных катушек импульсиым напряжением:

а — изображение на экране при замыкании витков в катушке L_1, б — изображение на экране при замыкании витков в катушке L_2; в — обе катушки исправны

Для устранения неявно выраженного межвиткового замыкания без снятия корпусной изоляции катушек на Челябинском ЭРЗ разработана установка, принципиальная электрическая схема которой приведена на рис. 125.

Катушку подключают к выводам *I* установки. При замкнутых дверных блокировках *ДБ1* и *ДБ2* и нажатии на кнопку «пуск» напряжение подается на пускатель *ПМ* и реле *РП*. При этом замыкаются замыкающие контакты *ПМ*, размыкаются размыкающие контакты *РП* и напряжение подается на автотрансформатор. Регулируют напряжение импульса, подаваемого на катушку, ша-

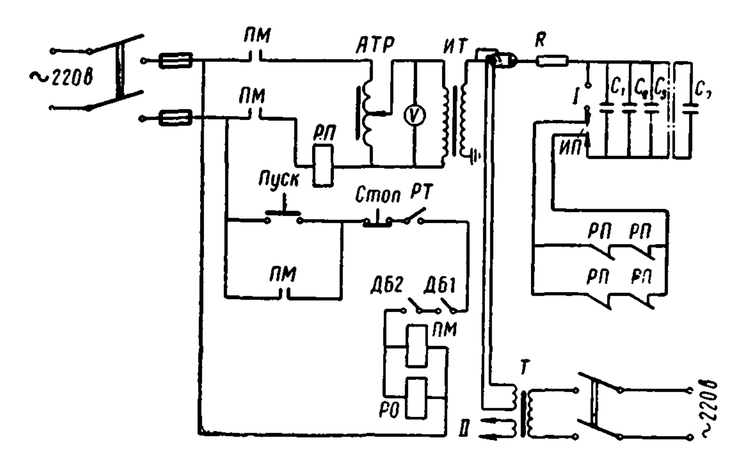


Рис. 125. Принципиальная электрическая схема установки для устранения неявных замыканий межвитковой изоляции полюсных катушек:

ПМ — магнитный пускатель; РТ — реле максимального тока; V — вольтметр; ИП — шаровой разрядник; РП — промежуточное реле; $ДБ_1$, $ДБ_2$ — блокировки дверей; R — сопротивление; C_1—C_7 — конденсаторы; ИТ — испытательный трансформатор; АТР — автотрансформатор; Т — трансформатор; I — выводы для подключения катушки; II — выводы к сигнальным лампам

ровым разрядником *ИП* на 5 *кв* для катушек с корпусной изоляцией и до 10 *кв*, если изоляция снята. Выпрямленное напряжение заряжает батарею конденсаторов C_1 и C_7. Когда оно достигает величины, достаточной для пробоя искрового промежутка *ИП*, импульс высокого напряжения с крутым фронтом проходит по виткам испытываемой катушки.

Последовательно подают 8—10 импульсов. При прохождении импульса в месте неявного межвиткового замыкания происходит переброс электрической дуги на соседние витки катушки и «мостик» неявного короткого замыкания разрушается. Если корпусная изоляция сня-

та, то место неявного межвиткового замыкания можно определить визуально. Затем, отсоединив катушку от установки, состояние ее изоляции проверяют иа трансформаторе или установке ИУ-57.

Для выявления замыканий в цепи катушек и проверки надежности контактов в местах впайки выводных проводов измеряют мостом типа МД6 или УМ13 сопротивление обмотки. Заниженное сопротивление катушки может быть следствием замыкания витков или слоев, меньшего числа витков или увеличенного сечения меди. Увеличенное сопротивление — признак следующих неисправностей: ненадежные контакты, выплавление наконечников, надрыв шин и проводов или подгар жил выводных кабелей.

Надежность контактов в соединениях и качество пайки в обмотках полюсов проверяют по отсутствию чрезмерного местного нагревания их при пропускании через катушки двойного часового тока. Эти испытания, как правило, проводят после монтажа катушек в остов тягового двигателя. Электрическую прочность корпусной изоляции катушек проверяют на испытательном стенде напряжением переменного тока, которое должно превышать на 10—20% испытательное напряжение, установленное для проверки окончательно отремонтированной машины.

IX

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН СВАРКОЙ

47. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

В общем технологическом процессе ремонта электрических машин сварочные работы занимают важное место и требуют высокого качества их исполнения. При ремонте тяговых двигателей сварку деталей выполняют в производственных помещениях с температурой воздуха не менее 5—10°С выше нуля. Дефектные места деталей перед сварочными работами обезжиривают и зачищают до металлического блеска. Места повреждений — трещины, пробоины, отломы и резьбовые отверстия с негодной резьбой, подлежащие ремонту сваркой, очерчивают мелом или светлой краской.

Работы по электродуговой сварке деталей выполняют в сварочном отделении электромашинного цеха, оснащенном специальным оборудованием: сварочными преобразователями, автоматическими и полуавтоматическими установками для наплавки деталей под слоем флюса, подъемно-транспортными устройствами, кантователями и приспособлениями для установки и поворачивания тяжелых деталей на рабочем месте. Кроме того, на каждом сварочном посту должен быть набор специального контрольно-измерительного инструмента и приспособлений. Сварочное отделение оборудуют общей системой приточно-вытяжной вентиляции, а рабочие места — местными отсосами и вытяжками.

Для электродуговой сварки применяют постоянный или переменный ток. Постоянный ток обеспечивает бóльшую устойчивость сварочной дуги и, следовательно, бóльшую стабильность режима сварки. Поэтому при заварке ответственных стыковых соединений, трещин и

изломов в остовах тяговых двигателей обычно применяют постоянный ток.

При горении электрической дуги постоянного тока большое количество тепла выделяется у анода (положительного полюса), а меньшее количество тепла — у катода (отрицательного полюса). В связи с этим различают два способа сварки постоянным током: сварку при прямой и сварку при обратной полярности. Для сварки при прямой полярности деталь присоединяют к положительному полюсу преобразователя (сварочного генератора), а электрод — к отрицательному. В этом случае изделие служит анодом и получает больше тепла от сварочной дуги, чем электрод. При обратной полярности анодом служит сварочный электрод и на нем будет выделяться большее количество тепла. В зависимости от специфики сварочных работ пользуются одним из этих двух способов сварки постоянным током. Например, при наплавочных работах (автоматическая наплавка моторно-осевых горловин остова, посадочных поверхностей подшипниковых щитов, крышек, при заварке тонких листов и т. п.), когда нужно расплавить основной металл изделия на небольшую глубину, выгодно вести сварку при обратной полярности. При сварке переменным током, величина и направление которого периодически меняются, понятие о полярности отпадает.

В процессе сварки вследствие изменения расстояния между электродом и деталью сварочный ток непрерывно изменяет свою величину. Для получения устойчивого режима сварки и высокого качества сварного шва сварочные машины должны очень быстро реагировать на все изменения длины сварочной дуги, т. е. мгновенно повышать напряжение при ее удлинении и соответственно уменьшать при укорочении, поддерживая величину тока дуги приблизительно постоянной. Для сварки постоянным током успешно используют сварочные преобразователи типов ПС-300М и ПС-500, рассчитанные соответственно на ток 300 и 500 *а* при продолжительности работы 65%. Эти же преобразователи используют при автоматической и полуавтоматической наплавке остовов и их деталей.

При сварке переменным током сварочную дугу в большинстве случаев питают от понизительных одно-

фазных трансформаторов со специальными регуляторами для изменения сварочного тока в определенном диапазоне. Регулятор повышает устойчивость горения дуги, стабилизируя режим сварки. При заводском ремонте электрических машин для сварки вручную и полуавтоматической применяют сварочные трансформаторы типов СТН-500, СТН-700, ТСД-500 и др.

Для подачи в зону сварки электродной проволоки при полуавтоматической и автоматической наплавке используют шланговые полуавтоматы типов ПШ-5, ПШ-54, автоматы типа АНКЭФ-1, самоходные сварочные агрегаты типов ТА-763, УТ-1200 и др. С некоторой переделкой применяют также сварочные аппараты типов ТС-17, ТС-17М, предложенные институтом электросварки АН УССР. Технические характеристики сварочных агрегатов приведены в табл. 26.

Таблица 26

Тип трансформатора	Вторичное напряжение в *в*		Номинальный сварочный ток в *а* при продолжительности включения в %			Пределы регулирования тока в *а*	Мощность в *ква*	Вес в *кг*
	холостого хода	номинальное	100	65	30			
СТЭ-34	65	35	400	500	700	100—700	30	235
СТН-500	60	30	400	500	700	150—700	30	270
ТСД-500	80	45	—	500	600	200—600	42	445
СТАН-1	70	40	260	350	480	60—480	24	185
ТС-300	63	35	220	300	400	110—400	20	180
ТС-500	60	30	400	500	650	160—650	32	250
ТСК-300	60	30	200	300	385	110—385	20	215

48. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Сварочные электроды. При ремонте тяговых двигателей и вспомогательных машин широко применяют электроды с толстым покрытием. Сварочные электроды в зависимости от их назначения изготавливают из специальной электродной проволоки марок СВ-08, СВ-15 и др. Для ремонта электрических машин применяют электроды диаметром 3—6 *мм* марок Э-42, Э-42А и Э-50А. Числа 42 и 50 в марках обозначают предел проч-

ности при растяжении сварного соединения (металла шва), равный соответственно 42 и 50 *кГ/мм²*. В зависимости от состава обмазки электроды имеют производственные марки ОММ-5, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 и др.

Основные марки электродов с толстым покрытием, применяемых для дуговой сварки и наплавки деталей при ремонте электрических машин, приведены в табл. 27. Толстая обмазка электродов предназначена для защиты металла шва от вредного воздействия азота и кислорода в процессе горения сварочной дуги и улучшения механических свойств сварного соединения. Толщина слоя обмазки колеблется от 0,6 до 2 *мм*. В состав обмазок входят газообразующие, шлакообразующие и связующие вещества. Газообразующие (мел, мрамор и др.) при разложении выделяют большое количество газов, которые защищают капли расплавленного металла электрода и сварного шва от вредного влияния окружающего воздуха. Эти газы вытесняют из зоны горения сварочной дуги азот и кислород воздуха, не дают им соединиться с металлом шва и повышают этим прочность сварного соединения (увеличивают вязкость и относительное удлинение металла шва).

Шлакообразующие вещества (полевой и плавиковый шпат, гранит, каолин) при плавлении образуют жидкие шлаки, которые обволакивают падающую каплю электрода и кратер сварочной ванны, предохраняя расплавленный металл от соприкосновения с воздухом. Кроме того, шлак улучшает тепловой режим сварочного шва, замедляя его охлаждение, а следовательно, и условия формирования шва, чем повышает его механические свойства. Легирующие вещества (ферросплавы феррохром, ферромарганец, ферротитан и др.) входят в состав обмазки электродов как раскисляющие вещества, необходимые для восстановления окислов металла, что также повышает прочность сварного соединения.

В качестве связующего вещества в состав обмазки обычно вводят жидкое стекло, назначение которого — прочно удерживать обмазку на электроде. Кроме того, входящие в состав обмазки вещества способствуют ионизации дугового промежутка, обеспечивая устойчивое горение сварочной дуги.

Таблица 27

Марка электродов по обмазке	Тип электродов по ГОСТ 9467—60	Назначение электродов	Механические свойства металла шва			Среднее значение тока в *а* для электродов диаметром в *мм*		
			Предел прочности при растяжении	Относительное удлинение в %	Ударная вязкость в *кГ/см*	4	5	6
ЦМ-7; ОММ-5	Э-42	Наплавка поверхностей и заварка отверстий	42	18	10	180	235	300
МР-3	Э-46	Сварка деталей при сборке	46	18	8	185	230	310
УОНИ-13/45 УОНИ-13/55 УОНИ-13/55 А	Э-42А Э-50А Э-55	Заварка трещин, сварка ответственных деталей, работающих с динамической и вибрационной нагрузками	42 50 55	24 22 20	14 13 12	140	180	—
СМ-11	Э-42А	Сварка конструкций с расчетными швами	42	22	14	170	220	280
РДЗБ-2	Э-50	Сварка низколегированных сталей	50	16	6	160	200	260

Примечание. Буква А в типе указывает на то, что электрод обеспечивает при сварке повышенную вязкость и пластичность наплавленного металла.

Электродная проволока. Для автоматической, полуавтоматической и вибродуговой наплавки используют электродную проволоку диаметром от 0,8 до 4 *мм*. Для наплавки моторно-осевых горловин остова, посадочных поверхностей подшипниковых щитов и других деталей наиболее широко применяют низкоуглеродистую электродную проволоку диаметром 2—3 *мм* марки СВ-08А, а для вибродуговой наплавки валов якорей электрических машин — электродную проволоку диаметром 1—

2 *мм* следующих марок: СВ-10ГА, СВ-12ХМ, 50ХФА. Электродную проволоку изготавливают холодной протяжкой. Это обеспечивает чистоту поверхности и постоянство ее диаметра, что весьма важно для стабилизации режима сварки. Поверхность электродной проволоки должна быть чистой, без ржавчины и обезжирена. Правильный выбор марки проволоки очень важен для получения высокого качества наплавки. При восстановлении поверхностей деталей, не работающих на износ трением, применяют такие марки электродной проволоки, которые не дают твердого слоя наплавки, а обладают высокой вязкостью и легко обрабатываются.

Твердость наплавленного слоя зависит от химического состава металла восстанавливаемой детали и применяемой марки электродной проволоки. Например, наименьшей твердостью обладают наплавки проволоками марок СВ-08, СВ-10ГА, наибольшей—СВ-12ХМ, 50ХФА и др.

Флюсы. Флюс — зернистое сыпучее вещество с размером зерна 1—3 *мм*, состоящее из минералов и ферросплавов. Значение флюсов для автоматической сварки огромно, так как они значительно улучшают механические свойства сварного соединения, оказывая на процесс сварки такое же влияние, как и толстая обмазка электродов. Наибольшее распространение получили так называемые плавленые флюсы марок АН-348 и АН-348А, предложенные институтом электросварки им. акад. Е. О. Патона, и марок ОСЦ-45, ОСЦ-45А, разработанные ЦНИИТМАШем. Эти флюсы с успехом применяют при сварке низкоуглеродистых и малолегированных сталей, в частности при ремонте сваркой деталей электрических машин. Для вибродуговой наплавки валов тяговых двигателей и вспомогательных машин используют флюс мелкой грануляции (с размером зерна не более 1—1,5 *мм*), а при автоматической наплавке крупных деталей (моторно-осевых горловин остовов, букс и подшипниковых щитов) — более крупный флюс.

Перед употреблением флюс просушивают 3—4 *ч* в печи при температуре 180—200°С. Если флюс отсырел или в него попали влага или масло, то его сначала просушивают, а затем прокаливают 2—4 *ч* при температуре 400—450°С. Для сушки или прокалки флюс насыпают в противень ровным слоем высотой не более

30—40 *мм* и в процессе сушки периодически перемешивают. Использовать при сварке увлажненный флюс нельзя, так как горение дуги в этом случае будет неустойчивое, а наплавленный слой — пористым.

49. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ

Заварка трещин. Деталь, подлежащую ремонту сваркой, тщательно обезжиривают и очищают от ржавчины и окалины до чистого металла. После этого дефектное место детали обрабатывают пневматическим инструментом или, если это возможно, на фрезерном станке. Замена вырубки трещин дуговой или газовой резкой недопустима. Перед вырубкой устанавливают границы и глубину дефекта и очерчивают их мелом с наружной стороны. Трещины и раковины вырубают на всю их глубину до неповрежденного слоя металла. Для предупреждения дальнейшего распространения трещин при сварке рекомендуют по их концам рассверливать отверстия диаметром 8—10 *мм*. Если трещина проходит по старой сварке, то последнюю полностью вырубают по всей ее длине независимо от размера. Чаще всего трещины и другие дефекты вырубают ручным пневматическим инструментом. Наиболее удобно использовать для этого рубильно-чеканные пневматические молотки типов РМ-5, РБ-54 и др. весом от 5 до 6 *кг*.

Трещины в остовах разделывают под V-образное или X-образное соединения (рис. 126). При ремонте тяговых двигателей трещины заваривают только в том случае, когда толщина основного металла, по которому она проходит, не менее 6—7 *мм*. При меньшей толщине основного металла это место полностью вырубают и

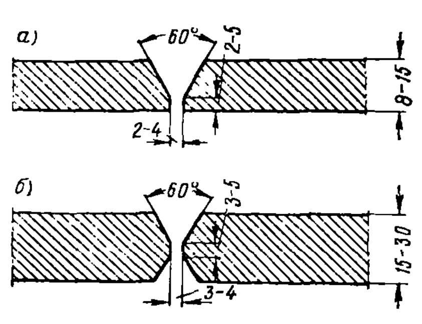


Рис. 126. Схема разделки трещин в остовах тяговых двигателей для заварки:

а — V-образная разделка; б — X-образная разделка

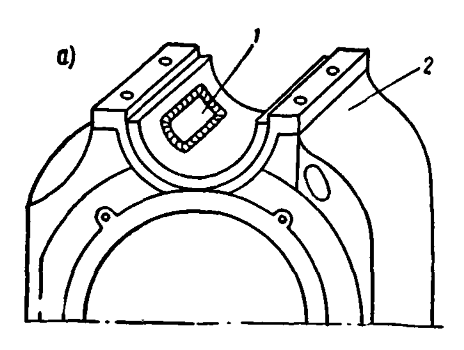
для восстановления вваривают заплату. Стыковые V-образные сварные соединения применяют при толщине металла 8—15 *мм*, угол разделки при этом составляет 60—70°. Стыковые X-образные соединения применяют при толщине основного металла более 15—18 *мм* с тем же углом разделки.

Для заварки трещин обычно применяют электроды марки УОНИ-13/55 диаметром 4—5 *мм*. Ток при этом выбирают согласно табл. 27. Трещины заваривают постоянным током при обратной полярности. Если толщина основного металла 6—10 *мм*, V-образное соединение заваривают за один проход, причем для наложения шва делают сложные движения электродом вдоль и поперек навариваемого валика. Если толщина основного металла больше 10—12 *мм*, то трещины заваривают в несколько слоев. Скорость движения электрода неодинакова для разных мест шва. Для лучшего сплавления металла электрода с металлом изделия скорость перемещения электрода по краям валика несколько уменьшают. Нормальной считают такую скорость движения электрода, при которой ширина валика шва приблизительно в полтора-два раза больше диаметра электрода. При заварке трещин нельзя оставлять открытые кратеры.

В случае обрыва дуги в процессе наложения валика ее зажигают вновь на еще незаваренном месте на расстоянии 8—12 *мм* от кратера, затем электрод возвращают обратно, заваривают кратер и продолжают сварку в нужном направлении. Каждый наложенный слой очищают от шлака, брызг и окалины и только после этого наплавляют следующий слой; при этом дают некоторое время на остывание шва. После заполнения металлом V-образной разделки с обратной стороны подрубают корень шва и подваривают узкий (первый) валик повышенным сварочным током. Когда же подварить шов с обратной стороны невозможно, перед началом заварки подкладывают под сквозную разделку толстую медную пластину. Сварка с подкладкой улучшает формирование первого шва и не дает прожогов металла.

При сварке стыковых швов X-образной разделки трещин выполняют те же условия, что и при сварке V-образного соединения. Для умень-

шения внутреиних напряжений и предупреждения образования последующих трещии двусторонний шов сваривают поочередио с обеих сторои. При миогослойиой сварке наплавляют валики по возможности одинакового сечения по всей их длине. Для получения хорошего качества сварки глубина проплавлеиия осиовного металла должиа достигать приблизительио 3—5 *мм*. Глубину провара регулируют скоростью перемещеиия электрода и величиной тока. Для устраиения провалов и



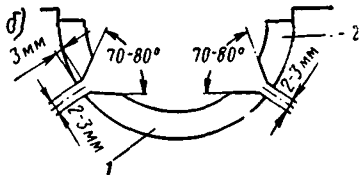


Рис. 127. Восстановление сваркой пробоины в горловине моторио-осевого подшипника тягового двигателя ДПЭ-400:
1 — заплата; 2 — остов

пробоии в остовах тяговых двигателей примеияют заплаты (рис. 127). Кромки пробоии предварительио обрабатывают пиевматическим инструментом. Заплаты изготавливают из стали, соответствующей марке осиовиого металла, по размерам и форме отверстия, которое нужно заварить. Кривизну поверхиости заплаты, например, для вварки в горловину моторно-осевого подшипника остова придают кузнечным способом, а контур ее и скос кромок обрабатывают иа фрезерном стаике. После этого заплату вставляют в отверстие встык, прихватывают в нескольких местах сваркой и затем окончательно сваривают так же, как и при заварке трещин.

Заварка отверстий. Отверстия заваривают при горизонтальиом положении детали, наплавляя круговые валики. Лучшего сплавлеиия основного металла с присадочным достигают при наклоииом положеиии электрода (под углом 20—30° к стеикам отверстия). При заварке отверстий, глубииа которых больше диаметра, их раззенковывают с одиой или с обеих сторои. Если отверстие раззенковаио с двух сторои, то его перегораживают посередине стальной пластииой толщиной 2—

3 *мм* и заваривают обычным способом с каждой стороны. Отверстия обезжиривают, очищают от ржавчины и окалины, а затем заваривают электродами марки ОММ-5 или ЦМ-7. Резьбовые отверстия перед заваркой рассверливают сверлом, диаметр которого превышает диаметр резьбы на 2—3 *мм*. Если заварку ведут с одной стороны, то с другой стороны отверстие закрывают медной подкладкой толщиной не менее 5—6 *мм*.

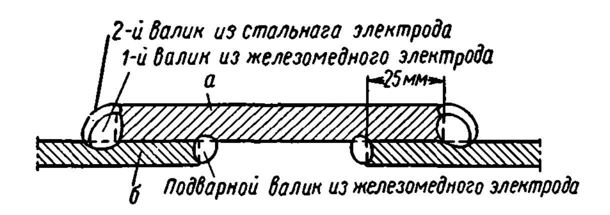


Рис. 128. Приваривание внахлест стальной заплаты к чугунному корпусу:
а — заплата; б — корпус

Сварка чугунных деталей. Чугунные детали подготавливают для заварки трещин так же, как и стальные. Однако при заварке пробоин заплату подгоняют не встык, как для стальных деталей, а внахлестку (рис. 128) плотно к поврежденному месту с перекрытием дефектного отверстия на 20—25 *мм* с каждой стороны.

Для заварки трещин, пробоин, отколов и бракованных отверстий в чугунных деталях применяют железомедные электроды и электроды из монель-металла с обмазкой марки УОНИ-13/55. Чугунные изделия (корпуса компрессоров, крышки и т. п.) заваривают только постоянным током при обратной полярности и возможно наименьшей длине дуги. Сварочный ток зависит от диаметра электрода и колеблется в пределах от 120 до 180 *а* для электродов диаметром 3—4 *мм*. В процессе сварки чугунная деталь не должна сильно перегреваться. Соблюдение этого условия обеспечивает высокое качество сварного соединения. Опытным путем установлено, что при правильном режиме сварки чугуна температура детали на расстоянии 40—50 *мм* от кратера дуги не должна превышать 50—60°С, что достигают, сваривая чугун небольшими участками длиной 45—55 *мм*.

При использовании электродов из моиель-металла длииа участков сварки ие должна превышать 35—40 *мм*. Заварив каждый отдельиый участок, сварные швы тщательио проковывают молотком сразу после иаложения валика, затем зоиу сварки иесколько охлаждают, после чего сварку возобиовляют. Высота шва при одиом проходе должиа составлять около 3—4 *мм*.

Трещииы иебольшой длииы заваривают обратиоступеичатым способом, иачиная от одиого из ее концов. Трещииы большой протяжеииости (более 100 *мм*) делят на отдельиые участки, каждый из которых заваривают также обратиоступеичатым способом.

Обварку заплат с виешией стороиы корпуса компрессора выполняют за два прохода комбииироваииым способом. Первый валик иаплавляют железомедиыми электродами, второй — стальиыми с обмазкой марки УОНИ-13/55 (см. рис. 128). Подвариой шов с внутреииней стороны корпуса делают за одии проход железомедными электродами. Заплаты изготавливают из низкоуглеродистой стали толщиной 8—10 *мм*. На участках детали, подлежащих последующей механической обработке (сверлеиию, фрезероваиию, иарезаиию резьбы и т. п.), сварочные работы выполияют электродами только из моиель-металла. Чугуииые изделия ремоитируют сваркой только в закрытых помещениях с температурой воздуха не иииже 10—15°С.

Наплавка изношенных поверхностей. При иаложении иаплавочиых валиков обеспечивают хорошее сплавлеиие металла электрода с поверхиостью детали, для чего строго соблюдают техиологический режим сварки: правильное соотиошеиие между диаметром электрода и величииой сварочиого тока, скорость перемещеиия электрода по изделию и пр. Кроме того, каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий приблизительио иа 1/3 его шириины. При иевыполиеиии этих требоваиий иаплавка будет иекачествеиной и после механической обработки иа поверхиости могут возиикиуть раковииы и чериовииы. Для получения хорошего качества иаплавлеииого слоя каждый валик очищают обстукиванием от шлака и брызг и только после этого иаваривают следующий. Чтобы умеиьшить виутреииие иапряжеиия и деформацию детали, иаплавку ведут поочередио с каждой стороиы отиосительно первого цент-

рального валика. Для обеспечения лучшего проваривания наплавляемой поверхности электрод держат под углом к вертикали в 15—20°.

Изношенные поверхности наплавляют при горизонтальном их положении. Поэтому при заварке, напри-

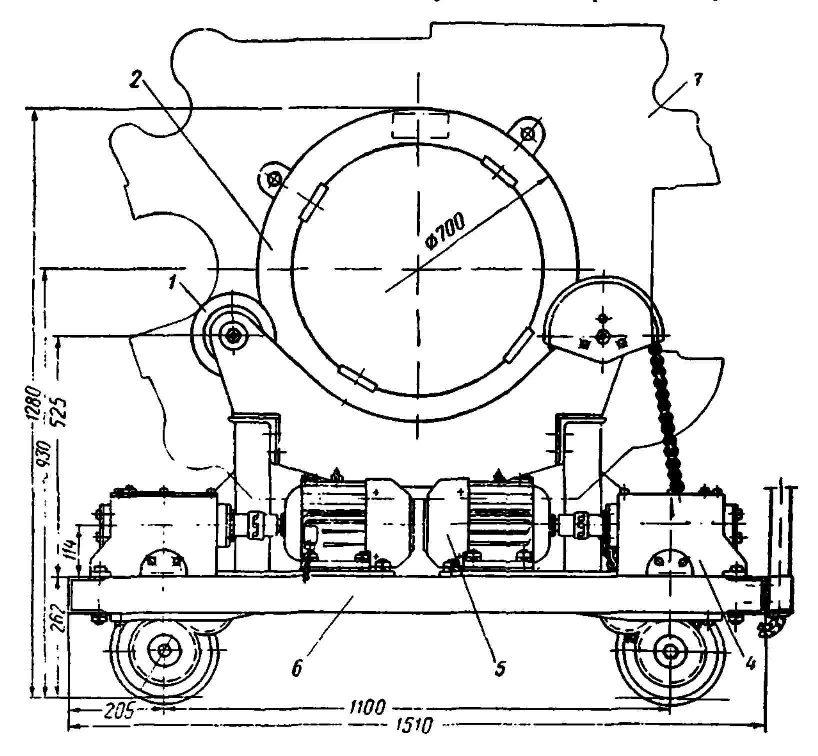


Рис. 129. Передвижной кантователь остова тягового двигателя для наплавочных работ:

1 — роликовая опора; 2 — сменное кольцо; 3 — остов двигателя; 4 — редуктор; 5 — электродвигатель; 6 — самоходная тележка

мер, моторно-осевых горловин остова тягового двигателя его поворачивают, используя для этого передвижной кантователь, смонтированный на самоходной тележке (рис. 129). Кантователь обеспечивает поворот остова относительно его оси на 180°. Вращают остов и передвигают тележку двумя независимыми друг от друга электромеханическими приводами.

Для наплавочных работ применяют электроды марки ОММ-5 или ЦМ-7 диаметром 5—6 *мм*. Изношенные поверхности обычно наплавляют переменным током, а если применяют электродуговую наплавку постоянным током, то только при обратной полярности. Ширина валика при наплавке зависит от требуемой толщины наплавляемого слоя. Обычно она составляет полтора-три диаметра электрода. Для повышения производительности труда широко применяют наплавку одновременно двумя электродами. Для этого обычные электроды соединяют попарно, сваривая концы их между собой с обеих сторон, что обеспечивает надежный контакт каждого электрода с источником тока. В начале наплавки зажигают сварочную дугу между изделием и тем электродом, который в данный момент находится ближе к наплавляемой поверхности, затем дуга поочередно переходит с одного электрода на другой. При этом способе дуга горит спокойно и устойчиво. Сложные колебательные движения электродов не обязательны, так как поочередное плавление электродов обеспечивает хорошее формирование и проваривание шва по всему его сечению. Для лучшего предохранения расплавленного металла от вредного воздействия воздуха работают с возможно более короткой дугой. При наплавке двумя электродами сварочный ток принимают равным 1,4—1,5 среднего его значения, необходимого для работы одним электродом такого же диаметра.

50. АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Из всех сварочных работ при ремонте тяговых двигателей и вспомогательных машин наплавка изношенных поверхностей составляет 80—85%. В большинстве случаев узлы электрических машин для увеличения прочности соединения деталей имеют, кроме болтовых креплений, глухие и прессовые посадки. Поверхности неподвижных соединений после пробегов 500—600 тыс. *км* из-за значительных нагрузок в эксплуатации изнашиваются, ослабевают и требуют восстановления при заводском ремонте. Существует несколько способов восстановления изношенных поверхностей, как, например,

металлизация, нанесение слоя металла гальваническим путем и др., но в практике ремонта электрических машин наиболее широко применяют автоматическую и полуавтоматическую наплавку деталей под слоем флюса. Эти методы наплавки повышают производительность труда в некоторых случаях в 2—3 и более раз, обеспечивают высокое качество сварных соединений, экономят электроэнергию и сварочные материалы, а также значительно улучшают условия труда. При помощи автоматической наплавки восстанавливают изношенные поверхности остовов, подшипниковых щитов, крышек и других деталей тяговых двигателей и вспомогательных машин. Вибродуговой наплавкой ремонтируют валы якорей электрических машин, лабиринтовые втулки, пальцы и различные детали цилиндрической и конической формы.

Автоматическая наплавка подшипниковых щитов. На заводе МЭМРЗ МПС и некоторых других посадочные поверхности подшипниковых щитов, крышек, нажимных шайб якоря и других деталей восстанавливают на специальной установке, наплавляя их под слоем флюса. Весь процесс, за исключением установки и снятия детали, автоматизирован.

Установка для автоматической наплавки деталей (рис. 130) состоит из сварной рамы *1*, на которой смонтированы колонна *2* и манипулятор *12* типа Т-25М. К планшайбе *11* манипулятора крепят ремонтируемую деталь. Планшайба манипулятора обеспечивает вращение детали вокруг своей оси и поворот ее в вертикальной плоскости на 135°. Колонна *2* имеет механизм для перемещения ее вдоль оси рамы *1*. На гильзе *3* установлен суппорт *5*. Гильзу можно перемещать по колонне в вертикальном направлении и поворачивать вокруг своей оси. На суппорте *5* смонтирована каретка *6*, на которой установлен механизм подачи сварочной проволоки *8* в зону сварки. Процессом сварки управляют с кнопочного пульта *7*. При помощи механизма *4* каретку *6* перемещают вдоль суппорта *5*.

В качестве механизма для подачи проволоки используют шланговый полуавтомат ПШ-5 или ПШ-54 с корректировочным устройством и удлиненным мундштуком. Флюс в зону горения дуги подают из бункера специального флюсопадающего механизма *9*. Для сбора

шлака и флюса на раме устанавливают ящик *19*. Барабан для электродной проволоки устанавливают отдельно на высоте 1200—1500 *мм* от пола. Сварочную дугу питают постоянным током от преобразователя ПС-500, причем детали наплавляют при обратной полярности.

Габариты установки следующие: длина 3400 *мм*, ширина 1200 *мм*, высота 2400 *мм*. Скорость наплавки элек-

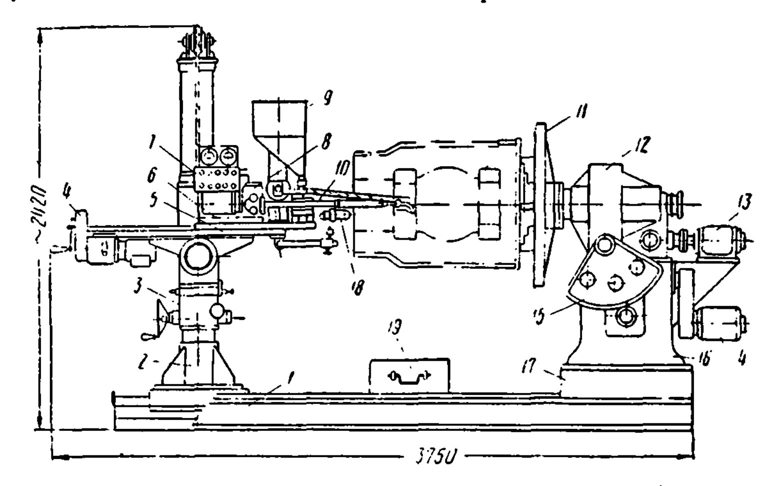


Рис. 130. Установка для автоматической наплавки деталей электрических машин:

1 — рама; 2 — колонна; 3 — гильза; 4 — механизм перемещения каретки суппорта; 5 — суппорт; 6 — каретка суппорта; 7 — пульт управления; 8 — механизм подачи проволоки; 9 — флюсоподающий механизм; 10 — мундштук с корректировочным механизмом; 11 — планшайба манипулятора; 12 — манипулятор; 13, 14 — электродвигатели; 15 — механизм наклона планшайбы; 16 — станина; 17 — основание; 18 — лампа; 19 — ящик для сбора флюса

тродной проволокой диаметром 2 *мм* составляет 0,3—0,6 *м/мин*. На установке можно наплавлять детали с наибольшим диаметром 1200 *мм*.

Для примера рассмотрим наплавку посадочной поверхности подшипникового щита тягового двигателя. Впереди дуги *1* (рис. 131) по направлению сварки на расстоянии 30—40 *мм* от нее на наплавляемую поверхность высыпают из бункера *4* гранулированный флюс, покрывая деталь равномерным слоем толщиной 25—30 *мм*. Весь процесс плавления металла происходит под

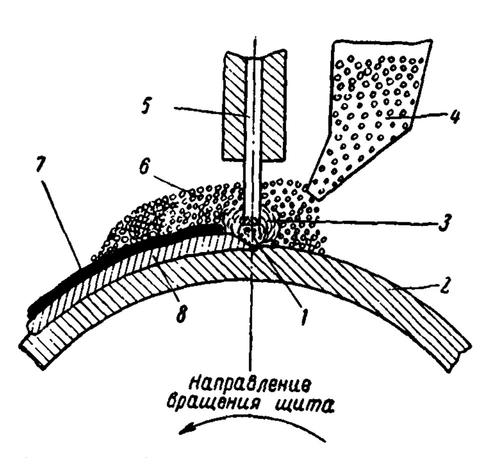


Рис. 131. Схема процесса плавления электродной проволоки при автоматической наплавке под слоем флюса:

1 — сварочная дуга; 2 — подшипниковый щит; 3 — защитная оболочка сварочной дуги из расплавленного флюса; 4 — бункер с флюсом; 5 — сварочная проволока; 6 — флюс; 7 — шлаковая корка; 8 — наплавляемый валик

защитой флюса. Кратер сварки невидим, и сварщик работает без темных очков. Попадая в зону горения сварочной дуги, флюс плавится, обволакивает капли расплавленного металла, защищая сварочный шов от соприкосновения с воздухом. По мере передвижения дуги по изделию сварной шов затвердевает и на нем образуется шлаковая корка *7*, которую легко удаляют обстукиванием. При восстановлении поверхности сварочные валики наплавляют кольцеобразно по окружности щита с шагом 8—10 *мм*. Наплавку лучше начинать от бурта подшипникового щита. При ширине посадочной поверхности щитов от 25 до 50 *мм* для ее полной наплавки накладывают соответственно от четырех до шести сварных валиков. К подшипниковому щиту *3* со стороны против его бурта (рис. 132) прикрепляют специальное флюсоудерживающее приспособление *1*, изготовленное из листовой меди толщиной 5—6 *мм* и предназначенное для выравнивания и удержания слоя флюса *2*, поступающего из бункера. Это приспособление имеет большое значение и для правильного наложения крайнего валика *5* с «навесом» (рис. 133), так как препятствует вытеканию расплавленного металла и создает лучшие условия для формирования этого валика.

Автоматическая наплавка остовов тяговых двигателей. Установка для автоматической наплавки под слоем флюса моторно-осевых горловин остовов тяговых двигателей (рис. 134) представляет собой агрегат, состоящей из специального наплавочного аппарата *1* ти-

па ТА-763 со шкафом управлеиия, манипулятора *II* типа УСМ-5000 с плаишайбой *11* для креплеиия остова при наплавке и сварочиого преобразователя типа ПС-500 постояииого тока. В иаплавочный аппарат входит тележка *9*, на которой устаиовлеиа вертикальиая обойма *8* с подвижиой колоииой *7*. Вертикальное перемещение колонны осуществляют при помощи электродвигателя через редуктор и виитовую пару; ход ее ограничивают коиечиые выключатели.

На колоине *7* устаиовлеиа поворотная горизонтальная обойма *5* с горизоитальной штаигой *1* и механизмом для подачи сварочиой проволоки *3*. Горизоитальная штаига *1* имеет специальные устройства для перемещения ее в двух иаправлеииях. Вдоль оси обоймы *5* штангу передвигают при помощи электродвигателя через редуктор и виитовую пару; поперек обоймы — ручным суппортом. Осевое перемещение штаиги *1* ограничено двумя коиечиыми выключателями, а величину ее хода регулируют специальиыми передвижиыми упорами. На подающем механизме *3* укреплеиы два мундштука с корректировочиым механизмом *2*, два барабаиа для сварочной проволоки и флюсоподающий механизм

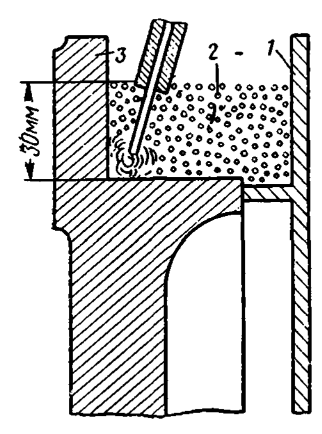


Рис. 132. Флюсоудерживающее приспособление, применяемое при наплавке подшипниковых щитов:

1 — приспособление; 2 — флюс; 3 — подшипниковый щит

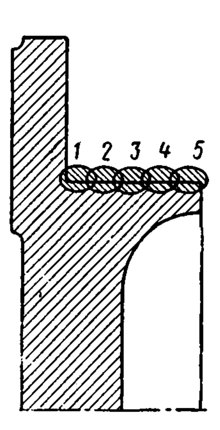


Рис. 133. Последовательность наложения сварных валиков при наплавке посадочной поверхности подшипникового щита.

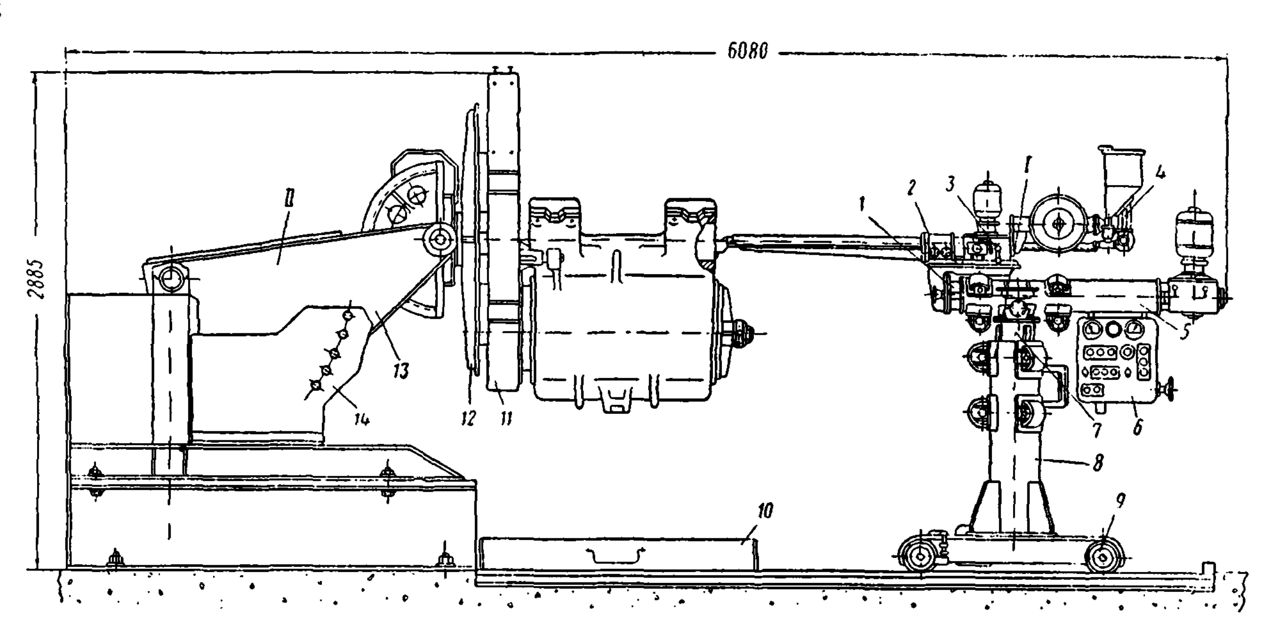


Рис. 134. Установка для автоматической наплавки под слоем флюса остовов тяговых двигателей;
I — наплавочный аппарат; II — манипулятор типа УСМ-5000

4, состоящий из бункера и электродвигателя постоянного тока с червячным редуктором. На выходном валу этого редуктора укреплен шнековый механизм, расположенный в трубе и предназначенный для транспортирования гранулированного флюса в зону горения сварочной дуги. Скорость подачи флюса регулируют, изменяя число оборотов якоря электродвигателя потенциометром. Ящик *10* служит для сбора флюса.

Манипулятор *11* состоит из опорной рамы *14* со шкафом для монтажа электроаппаратуры, тумбы *13* и поворотного стола *12* с планшайбой *11*. Под планшайбой манипулятора размещен привод вращения стола, состоящий из электродвигателя постоянного тока и редуктора. Стол наклоняют и поднимают при помощи асинхронного двигателя с червячным редуктором.

Планшайба манипулятора оснащена специальными приспособлениями для установки и крепления ремонтируемого остова тягового двигателя. При монтаже остова на планшайбе ось его моторно-осевых горловин должна совпадать с осью вращения стола манипулятора. Установкой управляют с пульта *6*, аппаратура управления которого размещена в специальном шкафу, установленном в стороне от агрегата. Электрическая и кинематическая схемы установки предусматривают возможность автоматической наплавки цилиндрических и полуцилиндрических поверхностей как круговыми, так и продольными сварными швами. При наложении продольных валиков по образующей цилиндра скорость наплавки изменяют посредством коробки скоростей, соединенной с механизмом перемещения горизонтальной штанги. При кольцевой наплавке скорость регулируют, изменяя угловую скорость вращения стола манипулятора. Шаг наложения швов при продольной наплавке регулируют или поперечным смещением штанги в горизонтальной плоскости ручным суппортом, или автоматическим поворотом планшайбы манипулятора на заданную величину центрального угла. Наплавку ведут двумя электродами, питая дугу постоянным током при обратной полярности.

Основные технические данные установки: длина 6000 *мм*, высота 2800 *мм*, ширина 1800 *мм*; диаметры наплавляемых поверхностей 150—1200 *мм*; наибольшая длина наплавляемой поверхности 500 *мм*; скорость

вращения планшайбы манипулятора 0,1—1,0 *об/мин*; шаг наплавки: кольцевыми швами 5—15 *мм*, продольными швами 8—35 *мм*; скорость наплавки до 3,6 *м/мин*; диаметр электродной проволоки 2 *мм*; угол поворота планшайбы манипулятора 360°.

Моторно-осевые горловины остова можно наплавлять как в сборе с буксами, так и без них. Последнее целесообразнее, так как в этом случае возможна одновременная наплавка замковых поверхностей остова. Кроме того, при раздельной наплавке можно восстанавливать автоматической сваркой не одну, а сразу несколько букс в специальном приспособлении.

Перед наплавкой к торцу моторно-осевой горловины остова точечной сваркой прикрепляют специальное флюсоудерживающее кольцо или полукольцо (в случае наплавки горловины без букс), изготовленное из листовой стали толщиной 3—4 *мм*, а окно польстера буксы закрывают железной заглушкой и уплотняют асбестом. Остов перед заваркой устанавливают на приспособление при горизонтальном положении планшайбы манипулятора, затем поворачивают стол на 90° и направляют.

Вибродуговая наплавка валов. Такой способ восстановления поверхностей отличается от автоматической наплавки под слоем флюса только тем, что электрод в процессе горения сварочной дуги непрерывно вибрирует. Это свойство значительно ускоряет процесс зажигания дуги в начале сварки, стабилизирует ее горение, облегчает проход дуги через препятствия (шпоночные канавки и отверстия), что особенно важно при наплавке деталей малыми токами. Кроме того, при вибрации жидкий металл с электрода переносится на поверхность изделия мелкими каплями, что создает более плотную и мелкозернистую структуру наплавленного слоя с повышенными механическими свойствами. Вибродуговая наплавка сопровождается в несколько раз меньшим нагреванием детали, чем автоматическая. Это обстоятельство значительно уменьшает остаточные деформации (коробление) и термические напряжения в металле изделия.

Изношенные поверхности валов электрических машин восстанавливают вибродуговой наплавкой на специальной установке, смонтированной на базе токарного станка. Универсальная полуавтоматическая установка

(рис. 135) состоит из наплавочной головки *7*, панели управления *16*, флюсоудерживающего приспособления *10*, устройства для удаления шлаковой корки в процессе наплавки, бункера *8* для флюса, приборного щитка *9* с контрольно-измерительными приборами, конечных выключателей *12*, *17* и специального редуктора для уменьшения числа оборотов шпинделя станка. В качестве наплавочной головки используют автомат типа АНКЭФ-1,

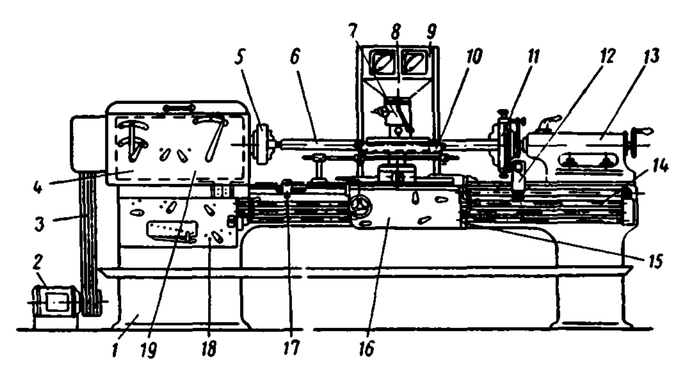


Рис. 135. Универсальная полуавтоматическая установка для восстановления деталей вибродуговой наплавкой под слоем флюса:

1 — станина; 2 — электродвигатель; 3 — клиноременная передача; 4 — передняя бабка; 5 — патрон; 6 — наплавляемый вал; 7 — наплавочная головка с вибрирующим электродом; 8 — бункер для флюса; 9 — приборный щит; 10 — флюсоудерживающее приспособление; 11 — делительное устройство; 12, 17 — конечные выключатели; 13 — задняя бабка; 14 — ходовые винты суппорта; 15 — суппорт; 16, 18, 19 — панели управления

имеющий механизм для подачи электродной проволоки в зону сварочной дуги, специальный вибратор и кассету для проволоки. Автомат смонтирован на суппорте токарного станка. С незначительной переделкой можно использовать и другие сварочные головки, например типа КУМА-5М и др. В качестве источника тока применяют сварочный преобразователь типа ПС-300 или другие генераторы постоянного тока, обеспечивающие напряжение на дуге 25—35 *в* при токе от 100 до 200 *а*.

Для наплавки валов вибродуговым способом используют электродную проволоку диаметром 1—1,2 *мм* при колебаниях электрода с амплитудой 1,5—2,5 *мм* и частотой от 30 до 50 *пер/сек*. Скорость подачи проволоки в зону горения дуги 150—200 *м/ч*. Наплавочную головку питают постоянным током при обратной полярно-

сти (плюс подают на электрод). На рис. 136 приведена принципиальная схема электрических цепей установки для наплавки валов. Изношенные поверхности наплавляют по однозаходной винтовой траектории «виток к

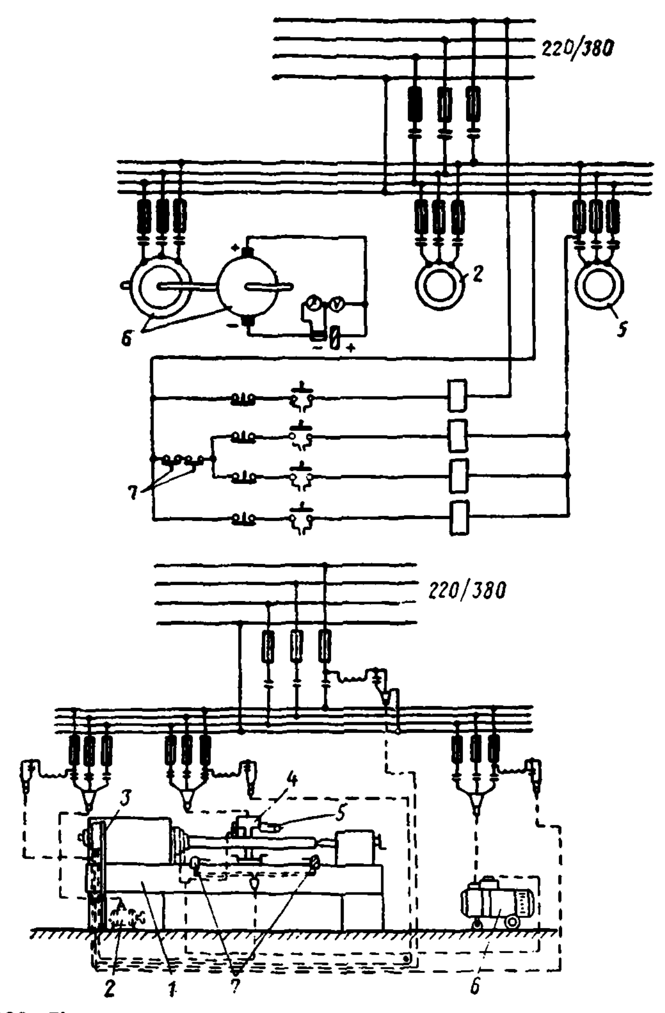


Рис. 136. Принципиальная электрическая и монтажная схемы вибродуговой установки для наплавки валов электрических машин:

1 — токарный станок; 2 — электродвигатель токарного станка; 3 — пульт управления; 4 — автомат типа АНКЭФ-1; 5 — электродвигатель автомата АНКЭФ-1; 6 — сварочный генератор; 7 — концевые выключатели

витку» с непрерывным удалением шлаковой корки резцом. Шаг наплавки выбирают такой величины, чтобы каждый последующий сварной валик перекрывал предыдущий на 0,3—0,5 его ширины. Для валов диаметром свыше 80 *мм* шаг наплавки колеблется в пределах 4—6 *мм* на один оборот детали.

Внедрение вибродуговой наплавки под слоем флюса валов электрических машин имеет большое экономическое значение, так как позволяет восстанавливать изношенные посадочные поверхности валов без выпрессовки их из якорей. Кроме того, вибродуговая наплавка исключает выпуск электрических машин из ремонта с шейками валов разных размеров (по градации), что облегчает и упрощает замену роликовых подшипников при деповском ремонте.

51. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРОЧНЫХ РАБОТ

Высокое качество сварочных работ можно получить только при соответствующей подготовке изделий под сварку. Поэтому обезжиривание деталей, разделку и обработку трещин, рассверливание отверстий, зачистку поверхностей и т. д. выполняют в строгом соответствии с технологическими требованиями. На ремонтных заводах качество подготовки деталей для сварки обязательно контролирует работник ОТК и только после проверки и приемки деталь направляют на сварку.

При несоблюдении технологических режимов сварки возможны следующие дефекты: неправильная форма сварных швов, прожоги основного металла, непровары, поры и шлаковые включения, подрезы, трещины по шву или по границам шва, большие остаточные деформации (коробление детали) и т. п.

В стыковых соединениях при заварке трещин все сечение разделки должно быть проварено и равномерно заполнено металлом электрода (рис. 137). Стыковой шов должен иметь усиление, однако чрезмерное усиление создает концентрацию напряжений в зоне перехода от наплавленного металла к основному, что может привести к образованию трещин на границе шва. На рис. 137 и 138 показаны примеры правильного и непра-

вильного наложения швов при сварке. Непроваром (рис. 138,*б*) называют плохое сплавление присадочного металла с металлом изделия, что в значительной мере снижает механическую прочность сварного соединения.

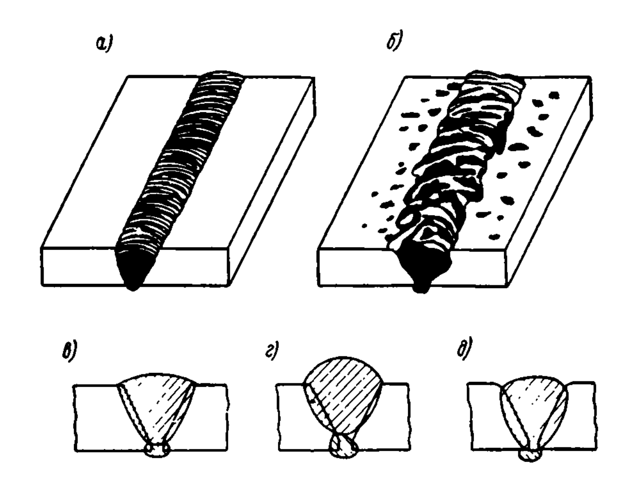


Рис. 137. Качество сварных соединений при заварке трещин с V-образной разделкой:
а — хороший шов; б — плохой шов; в — нормальный валик; г — высокий валик; д — низкий валик

В случае непровара шов может отделиться при ударе от изделия. Причина непровара — недостаточный сварочный ток для данного диаметра электрода или чрезмерная скорость движения электрода относительно детали.

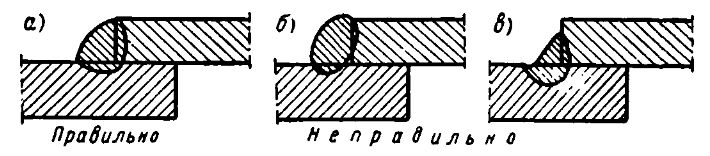


Рис. 138. Формирование шва в зависимости от режима сварки:
а — высококачественный шов; б — непровар; в — прожоги

Прожоги (рис. 138,*в*) — опасные дефекты сварных соединений. Основные причины прожогов — нарушения технологического режима сварки (большой сварочный ток, малая скорость перемещения электрода и др.).

Прожоги хорошо видны, и их легко выявить при внешнем осмотре. Раковины и черновины при электродуговой наплавке поверхностей деталей возникают из-за неправильного наложения сварных валиков, например без взаимного перекрытия их в процессе наплавки (несоответствие шага или скорости сварки диаметру электродной проволоки при автоматической наплавке и т. д.). Другая причина этих дефектов — загрязненность поверхности детали различными маслами, образующими при сгорании газы, которые не успевают выйти из расплавленного металла до момента затвердения шва и остаются в виде пузырьков, образуя поры, свищи и раковины. На плохо обезжиренную поверхность шов ложится неровно. Раковины и черновины обнаруживают после механической обработки изделия.

Сварные швы моторно-осевых подшипников испытывают на непроницаемость. Для этого в камеру буксы заливают керосин или опрессовывают буксы водной эмульсией, а сварные соединения закрашивают снаружи меловым раствором. В дефектных местах при наличии свищей или трещин жидкость проходит через неплотности сварочного шва и темными пятнами выступает на окрашенной мелом поверхности.

Трещины в шве возникают от действия сил внутренних перенапряжений, вызванных чрезмерным перегревом металла и быстрым его охлаждением. В зависимости от габаритов и конфигурации детали трещины обнаруживают внешним осмотром через увеличительное стекло, или обстукиванием заваренной зоны, или каким-либо другим, доступным для данной детали способом. При обстукивании молотком чистый звук свидетельствует о монолитности сварного соединения, а глухой звук или дребезжание — о плохой сварке и наличии трещин.

Ва́лы машин после вибродуговой наплавки и механической обработки проверяют магнитной дефектоскопией или на специальных установках ультразвуком.

Для определения дефектов сварки на ответственных и небольших по размеру деталях сварочные швы просвечивают рентгеновскими или гамма-лучами. Эти способы дают хорошие результаты, но применение их сопряжено с некоторыми технологическими трудностями. Дефекты, обнаруженные во время контроля сварного соединения, устраняют вырубкой и повторной заваркой.

X

РЕМОНТ ОСТОВА И ЕГО ДЕТАЛЕЙ

52. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОСТОВА

Строжка остова. После выполнения сварочных работ остов тягового двигателя обрабатывают на продольно-строгальном станке с ходом стола не менее 2000 *мм*. Для этого остов устанавливают на специальном приспособлении, которое укрепляют на столе станка. Строжку поверхностей остова выполняют поочередно: сначала обрабатывают одну сторону моторно-осевой горловины остова, затем после перестановки резцов — другую. На рис. 139 показана последовательность обработки на строгальном станке посадочных поверхностей остова тягового двигателя НБ-406. Строжку плоскостей выполняют в технологической последовательности, соответствующей порядку их номеров (*1—7*) на рисунке. Заверенные поверхности обрабатывают за два прохода резцом (предварительной обдиркой и чистовой обработкой). Незаваренные плоскости строгают чистовым резцом за один проход. Особого внимания требуют поверхности *1* и *5*, которые обрабатывают с большой точностью и высокой чистотой, так как они обеспечивают необходимый натяг для посадки букс моторно-осевых подшипников. Конусность этих поверхностей не должна превышать 0,05 *мм* по всей длине паза. Обработанные посадочные поверхности остова должны быть чистыми, без больших по площади и глубоких раковин. В случае обнаружения подобных пороков остов передают на повторную заварку.

Для тяговых двигателей предусмотрена система ремонтных размеров, по которой допустимый для эксплуатации размер между поверхностями *1* и *5* остова (см. рис. 139) может колебаться в некотором диапазоне. Например, для двигателей НБ-406 и НБ-412 при за-

водском ремонте допустимо расстояние между гранями пазов остова под буксы моторно-осевых подшипников в пределах 265—270 *мм*. Поэтому посадочные поверхности остова наплавляют только тогда, когда это расстояние превышает 269 *мм*. До номинального размера обрабатывают только новые остовы и те, поверхности которых восстановлены сваркой. Во всех остальных случаях механическую обработку остова и его деталей до ремонтных размеров выполняют без предварительной заварки. После обработки без заварки на посадочных

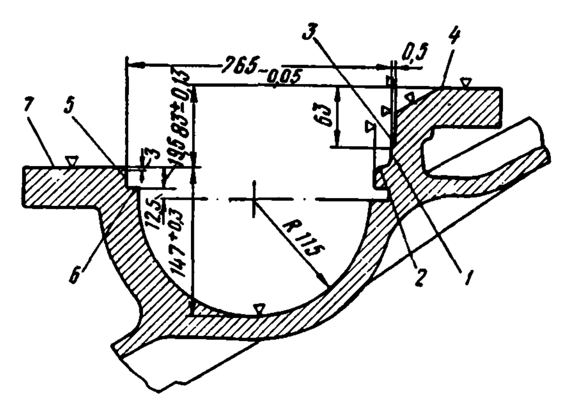


Рис. 139. Последовательность механической обработки посадочных поверхностей остова тягового двигателя НБ-406

поверхностях *4* и *7* обязательно оставляют контрольную черновину, указывающую, что с обработанной поверхности снят только необходимый минимум металла. Черновина должна составлять не более 5—8% всей площади обработанной поверхности.

Строжка букс моторно-осевых подшипников. Строжку посадочных поверхностей букс моторно-осевых подшипников выполняют в приспособлении на поперечно-строгальном станке. Буксу устанавливают поверхностями *5* и *6* (рис. 140) на специальное приспособление и выверяют горизонтальное положение плоскостей *1* и *4*. Затем буксу закрепляют и обрабатывают. Сначала строгают посадочную поверхность *2*, затем привалочную плоскость *1*. После этого изменяют установку резца и обрабатывают буксу с другой стороны по плоскостям *3* и

4. При заводском ремонте к каждому остову пристрагивают буксы индивидуально по размеру между гранями паза остова с определенным натягом.

Для строгальных работ применяют резцы с пластинками твердого сплава марки ВК8. При строжке новых букс, отливки которых имеют большие припуски на обработку, сначала обычно выполняют предварительную обдирку сразу нескольких букс на продольно-строгальном станке, а уже затем окончательно обрабатывают каждую буксу на поперечно-строгальном станке. После

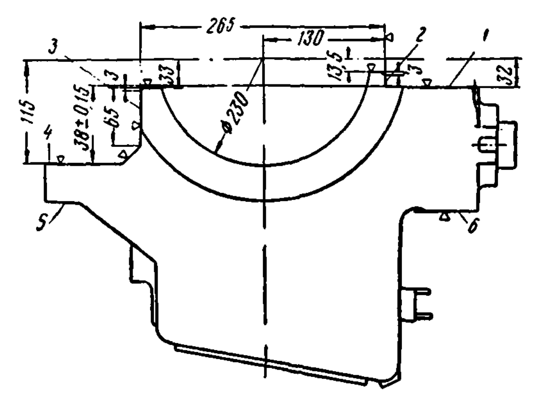


Рис. 140. Последовательность обработки посадочных поверхностей буксы моторно-осевого подшипника двигателя НБ-406.

строжки посадочные поверхности остова и букс подвергают шабровке. На харьковском заводе «Электротяжмаш» обеспечивают надежность взаимного крепления остовов и букс тяговых двигателей ЭДТ-200, заменив их шабровку протягиванием посадочных поверхностей на специальных протяжных станках. Применение протяжек по сравнению с шабровкой ускоряет процесс обработки и обеспечивает высокое качество и чистоту поверхностей. Качество строгальных работ проверяют внешним осмотром и специальным измерительным инструментом (шаблонами, скобами, проходными и непроходными калибрами). Внешним осмотром определяют чистоту обработанных поверхностей, которая должна соответствовать указанной на чертеже. Для наглядности и более точного определения качества поверхности методом сравнения используют специальные эталоны-

ны. Правильность относительного расположения обработанных поверхностей как на остове, так и на буксах контролируют профильными шаблонами. Расстояние и

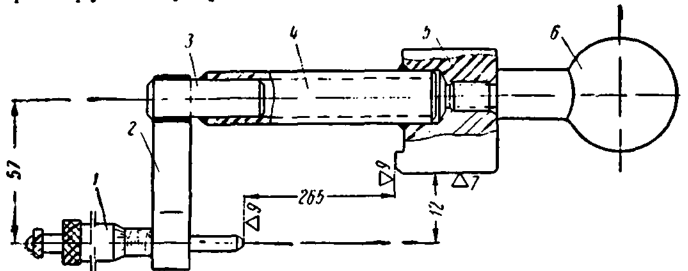


Рис. 141. Микрометрическая скоба для контроля размера 265 на буксах моторно-осевых подшипников тяговых двигателей НБ-406 и НБ-412:

1 — микрометрическая головка; 2 — держатель; 3 — пробка; 4 — стержень; 5 — стойка; 6 — противовес

параллельность между гранями пазов в остове для посадки букс моторно-осевых подшипников и сопрягаемые размеры на буксах проверяют специальными скобами с микрометрическим винтом (рис. 141 и 142).

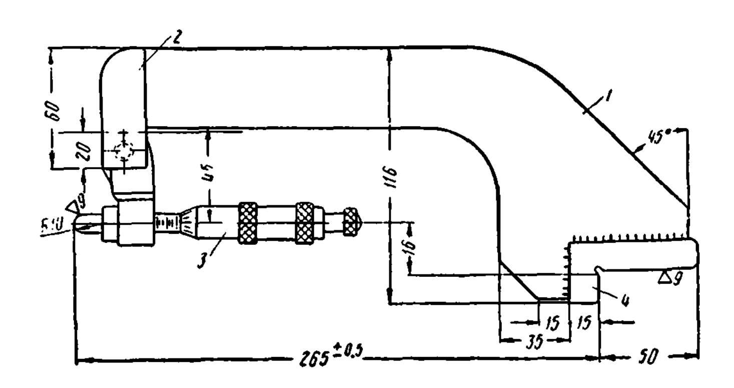


Рис. 142. Микрометрический штихмасс для измерения расстояния между посадочными поверхностями остова под буксы (265 мм):

1 — держатель; 2 — кронштейн; 3 — микрометрическая головка; 4 — опора

Расточка остовов тяговых двигателей. Горловины остова для моторно-осевых подшипников и для посадки подшипниковых щитов растачивают на горизонтально-расточных станках с диаметром борштанги 150—180 *мм*.

Перед расточкой остов комплектуют буксами, привертывая их болтами. До окончательной затяжки болтов между привалочными поверхностями остова и букс вставляют стальные прокладки толщиной 0,3 *мм*, обеспечивающие необходимый натяг для последующего крепления осевых подшипников в горловинах остова. Укомплектованный остов *1* устанавливают в специальное приспособление (рис. 143), предварительно закрепленное на столе расточного станка. После этого внутрь остова через его большие горловины вводят борштангу и соединяют ее со шпинделем станка клином.

Остов при помощи регулировочных болтов *11* устанавливают так, чтобы его ось строго совпадала с осью борштанги. Правильность установки остова для расточки выверяют относительно борштанги станка, измеряя штихмассом расстояние между ее поверхностью и приливами под главные полюсы в остове. Разница в результатах измерений не должна превышать 0,05 *мм*. Остов на станке устанавливают так, чтобы обе его осевые линии (проходящие через горловины под подшипниковые щиты и через моторно-осевые горловины) лежали в одной горизонтальной плоскости, параллельной столу расточного станка. После окончательной проверки правильности установки остов закрепляют в приспособлении болтами *4*, *9* и упорами *7*. Затем специальной оправкой за один проход растачивают горловины под посадку подшипниковых щитов до ремонтного размера, соответствующего нормам допусков и износов.

Приспособление для расточки горловин (рис. 144) имеет конусообразный механизм для подачи резца. В подтверждение того, что при расточке снят минимальный слой металла, на поверхности горловин обязательно оставляют контрольную черновину размером не более 5% всей площади обработанной поверхности. Диаметр горловин при расточке измеряют специальными скобами с микрометрическим винтом. По окончании расточки подрезают торцы больших горловин остова. Обработку торца горловины со стороны, противоположной коллектору, выполняют специальной планшайбой станка с механической поперечной подачей резца. Со стороны коллектора торец обрабатывают подрезным резцом, закрепленным в оправке станка. Длину остова

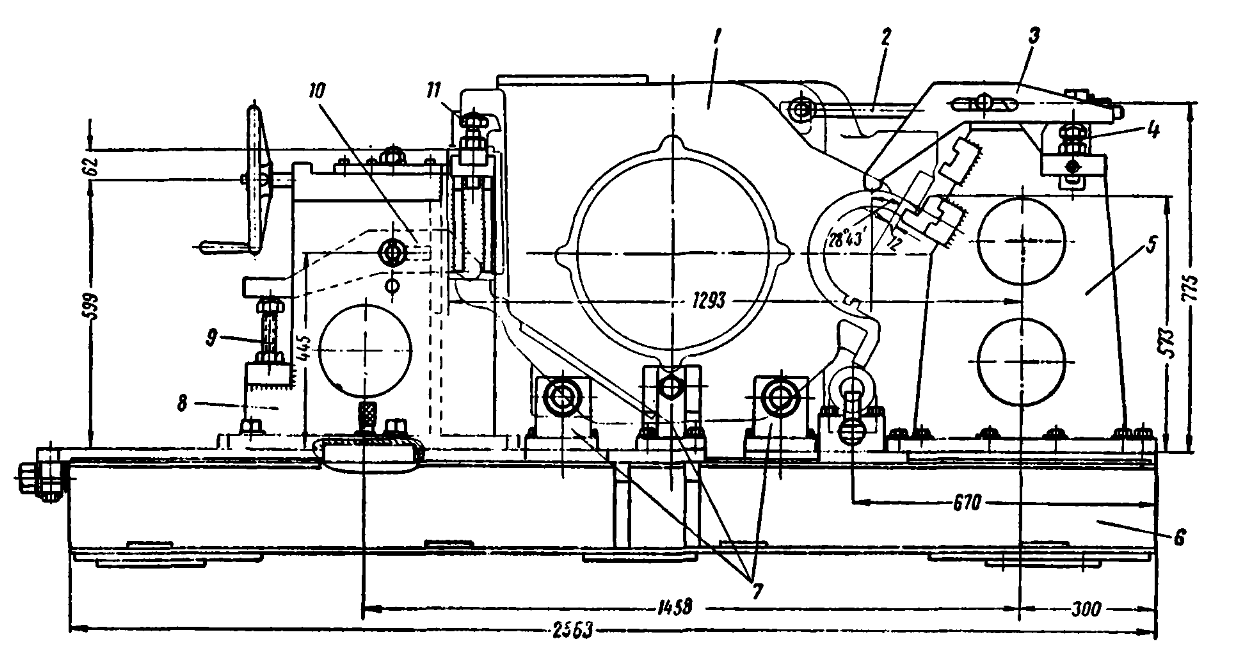


Рис. 143. Приспособление для расточки горловин остовов тяговых двигателей НБ-411:
1 — обрабатываемый остов; 2 — тяга; 3, 10 — прижимы; 4, 9 — болты упорные; 5, 8 — стойки; 6 — рама; 7 — упоры; 11 — регулировочные болты

по внешним торцам больших горловин контролируют скобой с микрометрическим винтом (рис. 145).

Следующая технологическая операция — расточка моторно-осевых горловин остова. Для этого борштангу станка выводят из больших горловин остова и перемещают стол станка поперечным самоходом на размер централи, величину которой отсчитывают по нониусной линейке станка. Затем вводят борштангу в моторно-осевые горловины и растачивают их за два прохода. Сначала выполняют обдирку наваренного слоя, затем чистовую обработку. Горловины обрабатывают до размера, указанного в ремонтном листе и соответствующего данному виду ремонта остова. В табл. 28 приведены ремонтные размеры моторно-осевых горловин и горловин под подшипниковые щиты для тяговых двигателей различных типов.

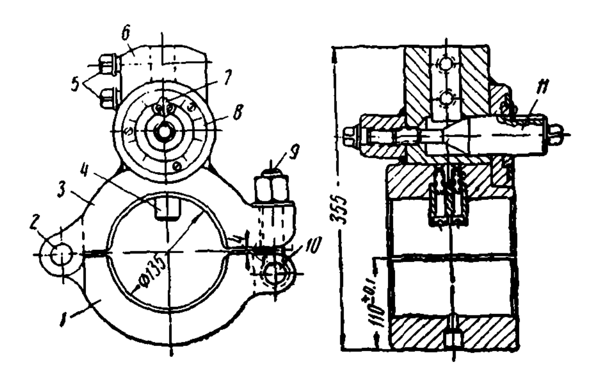


Рис. 144. Приспособление для расточки горловин остова под посадку подшипниковых щитов:

1 — откидной прижим; 2, 10 — шарниры; 3 — корпус; 4 — шпонка для фиксирования приспособления на борштанге расточного станка; 5 — болты крепления резца; 6 — разцедержатель; 7 — указатель смещения резца; 8 — нониусное устройство; 9 — болт; 11 — конусообразный механизм подачи резца

Для расточных работ применяют главным образом резцы, режущая часть которых изготовлена из пластинок твердого сплава. Опытным путем установлено, что лучшие результаты дают твердые сплавы марки ВК8 вольфрамокобальтовой группы. Эти сплавы обладают повышенной вязкостью и хорошо противостоят ударным нагрузкам, что весьма важно при обработке неровных поверхностей, особенно для расточки горловин после

Таблица 28

Тип машины	Централь в *мм*	Диаметр горловины остова под подшипниковый щит в *мм*				Диаметр моторно-осевых горловин остова в *мм*	
		со стороны коллектора или со стороны двигателя		со стороны против коллектора или со стороны генератора			
		новой детали	после заводского ремонта	новой детали	после заводского ремонта	новой детали	после заводского ремонта
НБ-412	$617{,}5^{+0,2}$	$920^{+0,05}_{-0,08}$	920—927	$920^{+0,05}_{-0,08}$	920—927	$235^{+0,09}$	235; 236; 237
НБ-406	$617{,}5^{+0,2}$	$585^{+0,05}_{-0,08}$	585—592	$700^{+0,05}_{-0,08}$	700—707	$235^{+0,09}$	235; 236; 237
НБ-411, ДПЭ-400	$545^{+0,35}_{-0,15}$	$585^{+0,05}_{-0,08}$	585—592	$700^{+0,05}_{-0,08}$	700—707	$230^{+0,09}$	230; 231; 232
А*L*4846-*е*Т	—	$1170^{+0,13}$	1170—1177	$1170^{+0,13}$	1170—1177	—	—
ДК-103, ДПИ-150	$445^{+0,4}$	$420^{+0,06}$	420—430	$590^{+0,07}$	590—600	$210^{+0,045}$	210; 211; 212
ДК-106	—	$500^{+0,06}$	500—510	$650^{+0,08}$	650—660	—	—
ЭДТ-200Б	$468^{+0,25}$	$465^{+0,06}$	465—473	$550^{+0,07}$	550—558	$240^{+0,05}$	240; 241; 242
ДК-304Б	$462{,}25^{+0,2}$	$400^{+0,06}$	400—408	$510^{+0,07}$	510—518	$240^{+0,05}$	240; 241; 242
ТАО-649А$_1$	$596{,}9^{+0,2}$	$710^{+0,08}$	—	$710^{+0,08}$	—	$344^{+0,08}$	—

Продолжение таблицы 28

Тип машины	Централь в *мм*	Диаметр горловины остова под подшипниковый щит в *мм*				Диаметр моторно-осевых горловин остова в *мм*	
		со стороны коллектора или со стороны двигателя		со стороны против коллектора или со стороны генератора			
		новой детали	после заводского ремонта	новой детали	после заводского ремонта	новой детали	после заводского ремонта
ДК-403	—	$569^{+0,07}$	569—576	$500^{+0,16}$	500—506	—	—
НБ-430	—	$645^{+0,15}$	645—652	$660^{+0,15}$	660—667	—	—
НБ-431	—	$645^{+0,15}$	645—652	$645^{+0,15}$	645—652	—	—
НБ-429	—	$645^{+0,15}$	645—652	$675^{+0,15}$	675—682	—	—
ДК-401В	—	$610^{+0,07}$	610—616	$610^{+0,07}$	610—616	—	—
НБ-404, ДК-404	—	$520^{+0,07}$	520—526	—	—	—	—
ДК-601, ДК-604	—	$560^{+0,06}$	560—564	$560^{+0,06}$	560—564	—	—

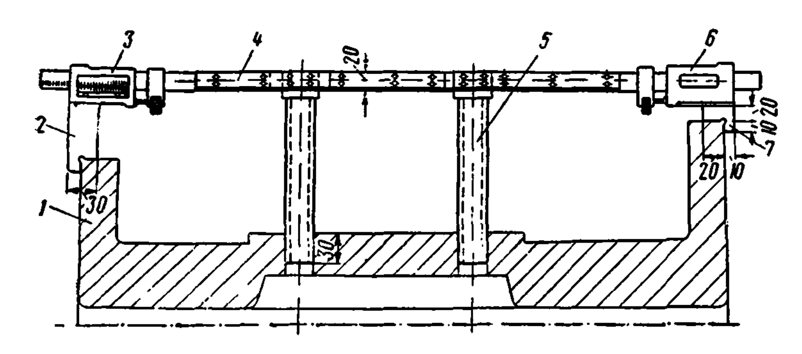


Рис. 145. Нониусная скобка для контроля расстояния от полюсных отверстий остова двигателя до внешних торцов горловин под подшипниковые щиты:

1 — контур остова; 2, 7 — подвижные губки; 3, 6 — нониусные устройства (от штангенциркуля); 4 — держатель; 5 — фиксаторы скобы (относительно полюсных отверстий остова)

электродуговой наплавки. Резцы с пластинками из сплава ВК8 применяют в основном для черновых и обдирочных работ с большим сечением стружки и неравномерным припуском на обработку. Из группы титановольфрамокобальтовых сплавов можно использовать резцы с пластинками из сплава марки Т5К10, которые также хорошо восприиимают ударные нагрузки. Однако эти резцы более целесообразно использовать для чистовой обработки.

Предварительную черновую обдирку моторно-осевых горловин остова после заварки выполняют со скоростью резания 60—80 *м/мин*, а окончательную чистовую обработку — 150—200 *м/мин* при глубине резания 0,2—0,5 *мм*. Во время черновой обдирки глубина резания непостоянна и колеблется в пределах 2—10 *мм*.

После выполнения всех расточных работ остов снимают со станка и устанавливают на стеллаж так, чтобы моторно-осевые горловины находились в верхнем положении. Контрольный мастер ОТК проверяет диаметры больших и малых горловин, измеряет централь и проверяет чистоту обработанных поверхностей. Допустимо наличие неглубоких (менее 1 *мм*) и небольших по ширине и длине (не более 1—2 *мм*) рассредоточенных раковин, общая площадь которых не должна превышать 1% всей площади обработанной поверхности. В

противном случае остов отправляют на повторную заварку. Овальность и конусность горловин остова под подшипниковые щиты допустимы не более 0,15 *мм*. Их измеряют штихмассом по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. Горловины моторно-осевых подшипников измеряют по двум диаметрам, отстоящим на 10—15 *мм* от линии разъема буксы и остова, и третьему диаметру, перпендикулярному плоскости разъема. Эллиптичность и конусность моторно-осевых горловин остовов не должны превышать 0,09 *мм*. Контрольный мастер ОТК записывает диаметры горловин моторно-осевых подшипников остова и размер централи в технический паспорт двигателя.

Расточка остовов вспомогательных машин. При заводском ремонте горловины под подшипниковые щиты растачивают в тех случаях, когда их диаметры или эллиптичность и конусность выходят за пределы установленных норм. В большинстве случаев горловины вспомогательных машин растачивают без заварки, так как их износ в эксплуатации невелик. Остов устанавливают на станок стойками вниз, которые крепят к столу станка. Оси шпинделя станка и остова вспомогательной машины должны точно совпадать друг с другом. Горловины обрабатывают с минимальным снятием стружки в пределах ремонтных размеров (см. табл. 28).

53. СЛЕСАРНЫЙ РЕМОНТ ОСТОВА И ЕГО ДЕТАЛЕЙ

Заваренные резьбовые отверстия в остовах, подшипниковых щитах и других деталях тяговых двигателей и вспомогательных машин рассверливают на радиально-сверлильном станке по соответствующим кондукторам (рис. 146), после чего нарезают резьбу. Во избежание поломки метчиков при нарезании резьбы применяют предохранительные патроны, обеспечивающие прекращение вращения метчика в случае внезапного возрастания момента сопротивления вращению от защемления метчика в отверстии. Предохранительные патроны имеют различное конструктивное исполнение. Наиболее прост и надежен в работе пружинный предохранительный патрон (рис. 147), в котором вращающий момент

срабатывания регулируется гайкой *2* и сжимающей пружиной *3*. Патроны этого типа выпускают трех размеров: под метчики диаметром 8—12, 12—30 и 18—42 *мм*.

Пружинные предохранительные патроны применимы во всех случаях, когда при нарезании резьбы возможно точное совмещение оси вращения метчика с осью от-

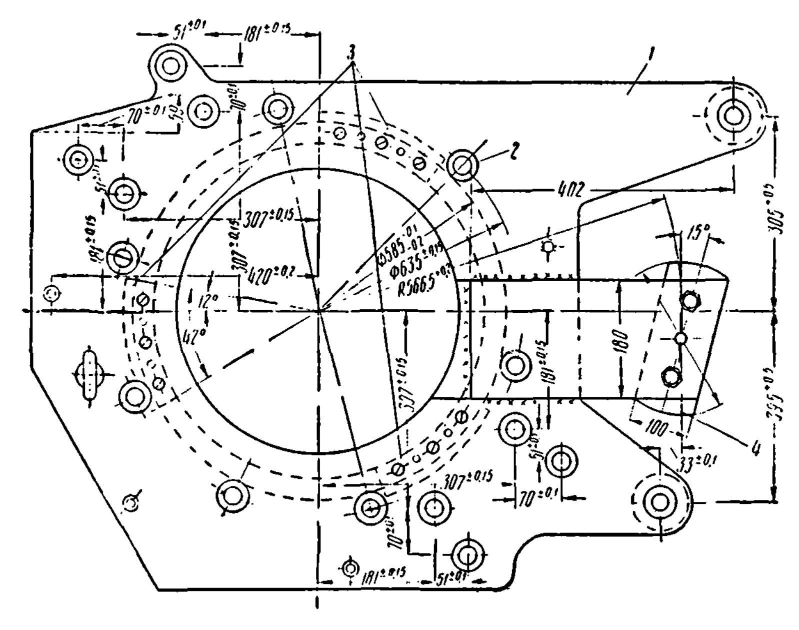


Рис. 146. Кондуктор для сверления отверстий в остове НБ-460 под подшипниковый щит со стороны коллектора:

1 — корпус; 2 — втулки кондукторные; 3 — фиксаторы кондуктора относительно горловины остова; 4 — фиксатор кондуктора относительно моторно-осевой горловины остова

верстия, т. е. когда резьбу нарезают непосредственно после сверления. Подобное требование не всегда выполнимо, так как обычно сверлят по кондуктору несколько отверстий подряд, затем снимают кондуктор и сверло, устанавливают метчик и нарезают отверстия с перестановкой метчика. В этих случаях очень трудно обеспечить необходимую соосность метчика и просверленного отверстия. Для компенсации возможных погрешностей при нарезании резьбы применяют самоустанавливающиеся патроны (рис. 148), допускающие при

работе смещение метчика относительно шпинделя сверлильного станка.

Качество резьбы контролируют проходными и непроходными резьбовыми калибрами 3-го класса точности. В отверстие с хорошей резьбой проходной калибр ввин-

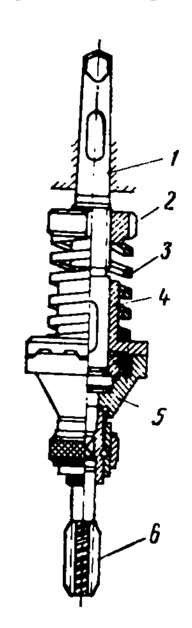


Рис. 147. Пружинный патрон для метчиков:

1 — хвостовик; 2 — гайка; 3 — пружина; 4 — верхняя полумуфта; 5 — нижняя полумуфта; 6 — метчик

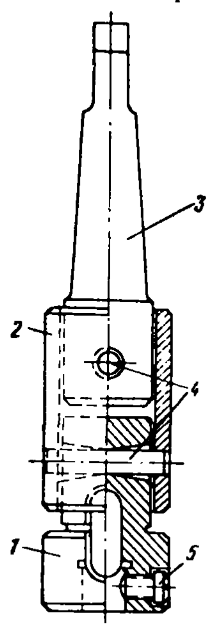


Рис. 148. Самоустанавливающийся патрон для метчиков:

1 — метчикодержатель; 2 — корпус; 3 — хвостовик; 4 — штифты; 5 — винт

чивают вручную свободно, но без большого люфта, а непроходной калибр входит в отверстие на одну-две нитки.

При слесарном ремонте заменяют траверсные пластины на поддерживающих кронштейнах остова. Заклепки, держащие старую пластину, срубают и выбивают. Новую пластину приклепывают заклепками в горячем состоянии. Нагревать заклепки до температуры 1000—1100°С (оранжевое свечение) удобнее всего при помощи специального трансформатора (рис. 149). В

этом трансформаторе виток вторичной обмотки замыкают накоротко заклепкой, нагрев которой происходит равномерно по всей длине в течение 30—40 *сек.* Этот метод производителен, удобен в работе и экономичен, так как электроэнергию расходуют только во время нагрева заклепки. В отверстие пластины и поддерживающего кронштейна нагретую заклепку вставляют снизу вверх, затем ее головку прижимают винтовым домкратом и расклепывают пневматическим молотком, а формируют головку специальной оправкой.

В процессе слесарного ремонта на остове и его деталях тщательно зачищают все сварные швы, проходящие по необработанным поверхностям. Наружные сварные швы не должны мешать плотному прилеганию крышек коллекторных люков и других деталей, а швы внутри остова — плотному прилеганию катушек к опорным поверхностям остова. Остов очищают также от застывших капель металла, разбрызганного во время сварочных работ. Особенно тщательно удаляют заусенцы, образовавшиеся в процессе механической обработки остова, зачищая их переносной шлифовальной машинкой. Внутренняя часть остова должна быть гладкой, особенно в местах установки полюсных катушек, так как неровности, выступы и заусенцы могут привести к повреждению и пробою изоляции катушек в собранном тяговом двигателе. При ремонте на остов устанавливают различные детали и узлы: замки коллекторных люков,

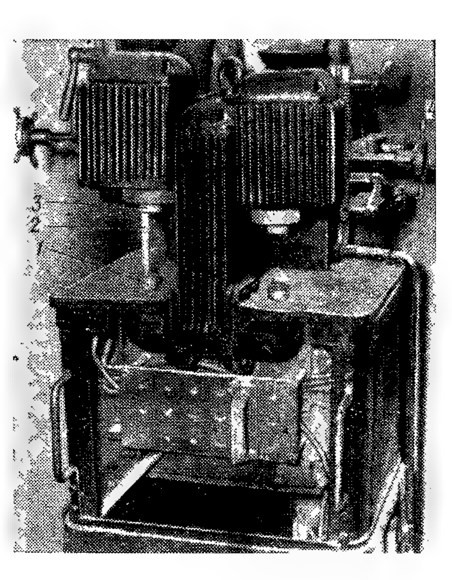


Рис. 149. Трансформатор для нагревания заклепок:

1 — неподвижный контакт; 2 — заклепка; 3 — подвижной контакт; 4 — штурвал для подъема контакта

вентиляционные сетки, заглушки и т. д. На буксы моторно-осевых подшипников устанавливают крышки малых и больших масленок, трубки, пружины и польстерные устройства.

По окончании слесарного ремонта остов, буксы и подшипниковые щиты очищают от пыли и стружки сжатым воздухом при давлении 3—4 *ат* в специальной продувочной камере, оборудованной вытяжной вентиляцией. Очищенный остов подают на малярный участок и красят внутренние поверхности светлой маслостойкой эмалью воздушной сушки марки ГФ-92-ХС и лаком БТ-99. Посадочные поверхности горловин и места прилегания главных полюсов у тяговых двигателей электроподвижного состава не окрашивают. Отремонтированный остов передают на участок монтажа полюсных катушек.

54. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА ПОДШИПНИКОВЫХ ЩИТОВ И КРЫШЕК

Восстановленные электродуговой наплавкой подшипниковые щиты и их крышки поступают на токарную обработку, которую начинают с проточки посадочной поверхности *1* (рис. 150) за два прохода, выполняя сначала обдирку наплавленного слоя; затем чистовую обработку по размеру горловины остова с натягом 0,04—0,15 *мм*. К каждой горловине остова притачивают только относящийся к ней определенный подшипниковый щит. Овальность и конусность посадочных поверхностей подшипниковых щитов после обработки не должны превышать 0,05—0,06 *мм*. Натяг для посадки подшипниковых щитов в остов подсчитывают по среднему диаметру, найденному по трем измерениям горловины остова под щит.

После окончательной обработки посадочной поверхности *1* протачивают с наименьшим снятием стружки торцы *2* и *3* подшипникового щита, прилегающие к остову. Следующая операция токарной обработки щита — расточка гнезда *4* под посадку роликового подшипника. Независимо от вида ремонта гнездо обрабатывают до чертежного размера. Расточка гнезда включает три операции: черновую обдирку после сварки, чистовую про-

точку с оставлением припуска 0,1—0,15 *мм* и шлифование поверхности гнезда до номинального размера шлифовальным приспособлением. Шлифовальная головка состоит из шпинделя, вращающегося в радиально-упорных подшипниках, и электродвигателя мощностью 0,5—1 *квт*. С одной стороны шпинделя укреплен шлифовальный круг, с другой — шкив. Электродвигатель вращает шпиндель через клиноременную передачу. Диаметры шкивов электродвигателя и шпинделя подбирают так, чтобы абразивный круг диаметром 80—100 *мм* вращался со скоростью не менее 3000 *об/мин*.

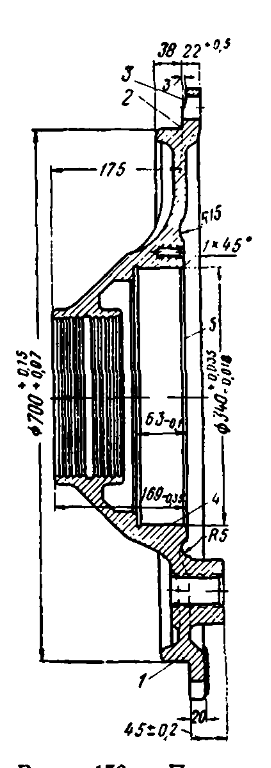


Рис. 150. Последовательность операций токарной обработки подшипникового щита двигателя НБ-411

При шлифовании применяют охлаждающую жидкость; при шлифовании гнезда подшипниковый щит и шлифовальный круг вращают в противоположных направлениях. Такой метод обработки обеспечивает требуемую точность и чистоту поверхности гнезда под посадку роликового подшипника. Заключительная операция токарной обработки подшипникового щита — проточка и нарезка лабиринтовых канавок. Для этого со шпинделя токарного станка снимают патрон и на его место устанавливают специальную цанговую оправку, на которую ставят подшипниковый щит, закрепляют его болтами и обрабатывают лабиринтовые канавки в соответствии с чертежом. Качество токарных работ контролируют универсальным мерительным инструментом. Диаметры посадочных поверхностей подшипникового щита проверяют скобами и калибрами, а шаблонами контролируют глубину гнезда под посадку роликового подшипника, профиллабиринтовых уплотнений, расстояние между торцами и т. д.

XI

РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

55. РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛЕЙ

Изготовление корпусов щеткодержателей. В процессе эксплуатации электрических машин, особенно тяговых двигателей, в корпусах щеткодержателей возникают трещины, изнашиваются гребенки, отверстия, окна под угольные щетки и т. д. От перебросов электрической дуги и кругового огня по коллектору появляются оплавления металла корпуса, подгары. Кроме того, выходят из строя пружины пальцев щеткодержателей, обоймы, медные шунты и другие детали. В связи с этим процент сменяемости щеткодержателей при заводском ремонте сравнительно высок и составляет для тяговых двигателей 30—40%, а для вспомогательных машин 15—20%.

Корпуса щеткодержателей электрических машин отливают из латуни марки ЛС-59-1Л или ЛК-80-3 (ГОСТ 1019—64). От каждой плавки берут и испытывают образец для проверки механических и химических свойств литья. Предел прочности латуни должен составлять не менее 40 *кГ/мм²*, предел текучести — не ниже 16 *кГ/мм²*, относительное удлинение — не менее 10%. Корпуса щеткодержателей отливают в прессформах на машинах литья под давлением.

Такое литье обладает значительными преимуществами по сравнению с обычным литьем в земляной форме: почти на 25% снижается расход цветного металла на изделие, практически отпадает необходимость в последующей механической обработке, повышается точность отливки, ее чистота и качество. Все это значительно

снижает трудоемкость изготовления щеткодержателей и их себестоимость. Детали отливают на специальных машинах «Полак 900» (рис. 151) или другого типа с вертикальной камерой прессования. Для расплавления и поддержания в жидком состоянии металла около каждой машины устанавливают раздаточную печь. Завод НЭВЗ применяет индукционные печи промышленной частоты 50 *гц* с короткозамкнутым витком. Мощность печей 15—17 *квт*, емкость 150 *кг*. Эти печи удобны в работе тем, что металл плавится непосредственно в самой печи, причем срок службы кварцевой футеровки составляет 3—6 месяцев.

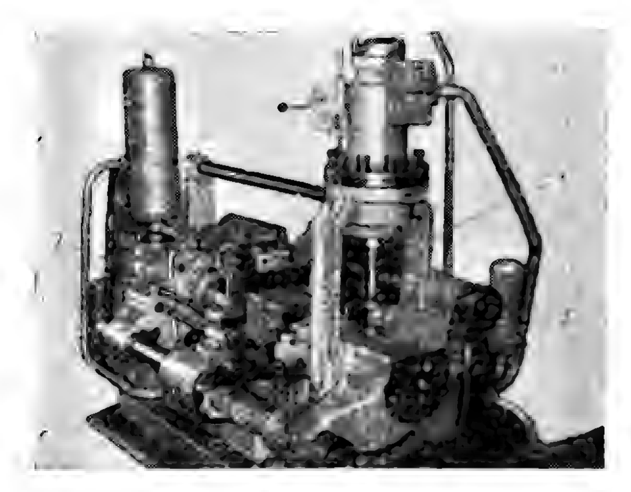


Рис. 151. Машина литья металла под давлением:
1 — прессующий шток; 2 — прессформа; 3 — отверстие для заливки металла

Прессформы для литья под давлением изготавливают из высококачественных специальных хромовольфрамовых сталей марок 3Х2В8, 4Х8В2 и др., а детали прессформ, не соприкасающиеся с жидким металлом, — из углеродистых сталей. Перед началом работы прессформы предварительно подогревают газовыми горелками до температуры 250—350°С. В процессе литья под давлением рабочие поверхности прессформы и камеры сжатия машины периодически смазывают и очищают от нагара и брызг металла. В качестве смазки применяют

композиции, состоящие из смеси минерального масла, парафина, графита и других компонентов.

Ремонт корпусов щеткодержателей. При заводском ремонте механизм щеткодержателей полностью разбирают. Корпуса обезжиривают 5—6%-ным горячим раствором каустической соды в специальных ваннах при температуре 80—90°С в течение 10—15 *мин*, затем их пескоструят и протравливают в смеси азотной и серной кислот.

Очищенный корпус тщательно осматривают для выявления трещин. Особенно часто обнаруживают трещины в корпусах щеткодержателей тяговых двигателей ДПЭ-400 и ДК-103. Обнаруженные трещины засверливают по концам, разделывают и заваривают ацетилено-кислородной сваркой. Запрещено заваривать трещины, ведущие к откалыванию отдельных частей корпуса щеткодержателя. Такие щеткодержатели бракуют и отправляют на переплавку. Изношенные резьбовые отверстия и гребенчатые поверхности также восстанавливают наплавкой металла с последующей механической обработкой до чертежного размера. Перед сварочными работами корпус щеткодержателя нагревают до температуры 300—350°С. В качестве припоя применяют латунную проволоку марки Л-62. Флюс составляют из 70% буры, 20% хлористого натрия и 10% борной кислоты.

Восстановление окон щеткодержателей. Для восстановления при небольшом износе используют способ гальванического покрытия. При подготовке к электролитическому меднению сначала изолируют поверхности щеткодержателя, не подлежащие меднению, нанесением на них пленки цапонлака (ГОСТ 5236—50). Поверхности, подлежащие меднению, протирают ацетоном. Затем обезжиривают корпуса щеткодержателей в электролитической ванне с составом: углекислый натрий 25—30 *г/л* и тринатрийфосфат 50 *г/л*. Температура электролита 50—60°С, плотность тока 5—8 *а/дм*^{2}. После этого щеткодержатели промывают 2—3 *мин* в проточной воде и декапируют 2 *мин* в 25—30%-ном растворе серной кислоты.

Электролитическое меднение выполняют в ванне с электролитом состава: медный купорос ($CuSO_4\ 5H_2O$) 250—280 *г/л*, серная кислота (H_2SO_4) 60—70 *г/л*, сернокислый никель ($NiSO_4\ 7H_2O$) 3—4 *г/л* — при темпера-

туре электролита 30—35°С и плотности тока 3—4 *а/дм²*. Такой режим позволяет получить слой меди толщиной 0,2—0,25 *мм* за 5—6 *ч*. После меднения корпуса щеткодержателей промывают в горячей и холодной воде, затем сушат и снимают предохранительную пленку цапонлака ацетоном. Для улучшения структуры электроосажденного слоя меди, а также доводки окон до чертежных размеров их протягивают на горизонтально-протяжном станке с усилием ползуна 7—10 *Т*.

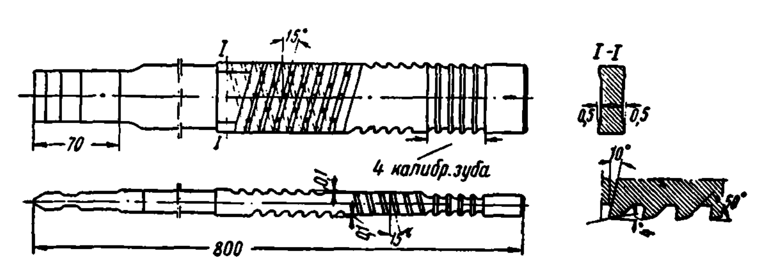


Рис. 152. Протяжка для калибровки окон щеткодержателей под угольные щетки

Протягивание окон щеткодержателей. Корпус щеткодержателя устанавливают в приспособление, прижимают упорными винтами и через его окно пропускают протяжку, хвостовую часть которой закрепляют в ползуне станка. При движении ползуна режущие зубья протяжки снимают металл с поверхности окна щеткодержателя по всему периметру. Если корпус щеткодержателя отлит в земляной форме, то его окна предварительно обрабатывают в приспособлении на долбежном станке с припуском 0,4—0,5 *мм* на сторону.

По условиям резания протяжкой выгодно оставлять наименьший припуск. При протягивании корпусов щеткодержателей, отлитых из латуни, каждый режущий зуб протяжки снимает стружку толщиной 0,015—0,02 *мм*, поэтому число режущих зубьев на протяжке выбирают из расчета величины припуска. Кроме режущих зубьев, протяжка (рис. 152) имеет 4—6 калибрующих, которые зачищают поверхность и калибруют размер окна. Механическая обработка протягиванием обеспечивает высокую чистоту обрабатываемой поверхности (до 12-го класса). Скорость резания при протягивании 5—6 *м/мин*. Протягивание — прогрессивный метод обра-

ботки и обязательная технологическая операция при ремонте и изготовлении щеткодержателей, которая не может быть заменена другими видами механической обработки, как не обеспечивающими надлежащего их качества.

После протягивания окон щеткодержателей выполняют дальнейшую механическую обработку корпуса: фрезеруют гребенку и пазы, сверлят отверстия и др. На рис. 153 показано приспособление для фрезерования

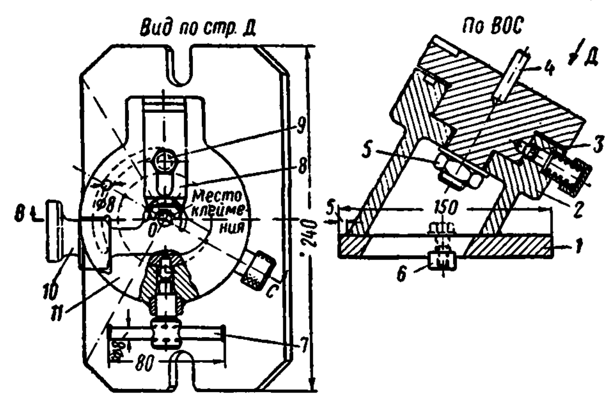


Рис. 153. Приспособление для фрезерования шлицев в корпусе щеткодержателя двигателя ДК-403Г:

1 — основание; 2 — корпус; 3 — фиксатор; 4 — штифт; 5 — гайка; 6 — шпонка; 7 — винт зажимной; 8 — прижим; 9 — болт; 10 — корпус щеткодержателя; 11 — стол поворотный

шлицев в корпусе щеткодержателя двигателя вентилятора типа ДК-403Г на горизонтально-фрезерном станке. Корпус щеткодержателя устанавливают на поворотный стол *11* приспособления и закрепляют прижимом *8* и болтом *9*. Затем поворотный стол закрепляют специальным винтом *7* и фрезеруют шлиц дисковой фрезой. Для фрезерования остальных шлицев стол *11* приспособления поворачивают на 30°, при этом центральный угол отсчитывают при помощи специального фиксатора *3*.

Цинкование деталей щеткодержателей. Ремонтируемые детали щеткодержателей (обоймы, пальцы, оси, пружины, шайбы и др.) осматривают и проверяют соответствие их размеров нормам допусков и износов. Детали, имеющие невосстанавливаемые дефекты, бракуют, а годные к сборке оцинкованные детали очищают

от старого цинка в слабом растворе серной кислоты, промывают и вновь оцинковывают.

Перед гальваническим покрытием детали очищают в голтовочном барабане. Для очистки мелких деталей удобнее применять барабаны наклонного типа (рис. 154),

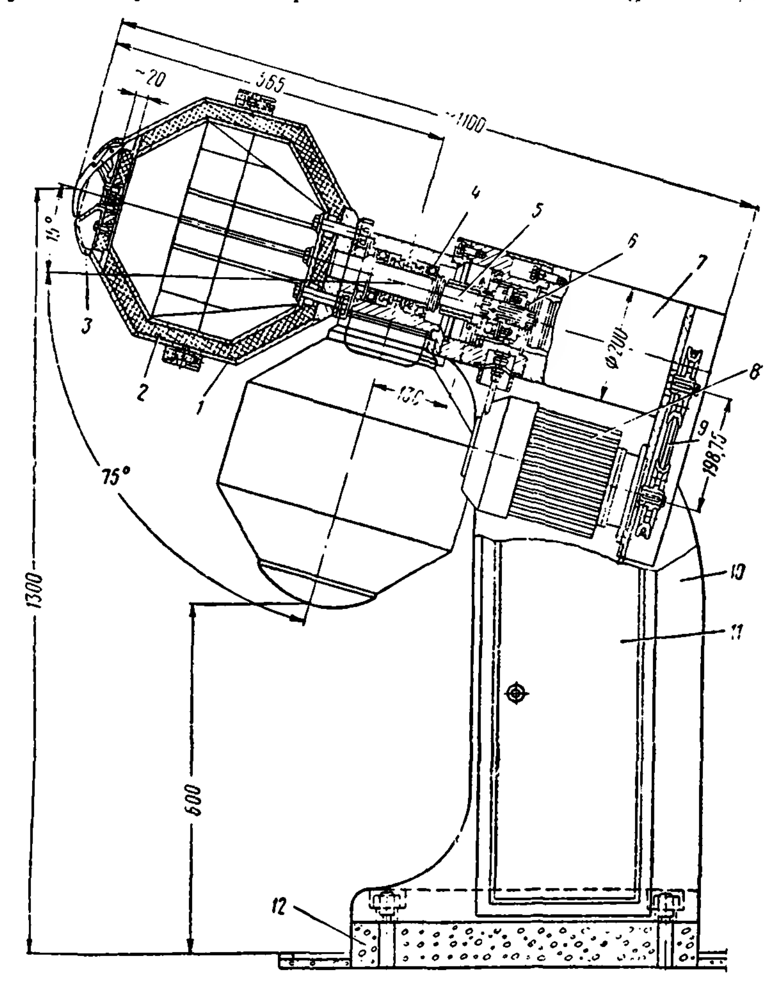


Рис. 154. Голтовочный барабан:

1 — барабан; 2 — резина звукоизолирующая; 3 — крышка барабана; 4 — подшипниковый узел; 5 — вал барабана; 6 — узел переключения привода с вращения на наклон барабана; 7 — редуктор; 8 — электродвигатель; 9 — клиноременная передача; 10 — стойка барабана; 11 — шкаф с электрооборудованием; 12 — фундамент

у которых механизирован узел подъема, что устраняет выполнение ручных операций при выгрузке деталей. Для наклона барабана используют электродвигатель, приводящий барабан во вращение. Барабан *1* вместе с редуктором *7* и фланцевым электродвигателем *8* смонтирован на цапфах стоек *10*. Для бесшумности работы барабан выполнен с двойными стенками, между которыми проложена губчатая резина. Между редуктором *7* и подшипниковым узлом *4* расположен узел *6* для переключения электромагнитной муфтой привода с вращения барабана на его наклон. Пульт управления и аппаратура установлены в шкафу *11*. Скорость вращения барабана 60 *об/мин*; угол наклона вверх от горизонтальной оси 15°, вниз — 75°; емкость — около 10 *кг* деталей.

После обработки в голтовочном барабане детали обезжиривают химическим или электрохимическим способом. Качество обезжиривания проверяют по стеканию с них воды. Хорошо обезжиренные поверхности смачиваются водой полностью. Детали оцинковывают в специальных колокольных ваннах, обеспечивающих хорошее качество покрытий и высокую производительность труда. Завод МЭМРЗ использует для цинкования и холодного лужения полуавтоматические ванны с вращающимся колоколом. На рис. 155 показана конструкция такой ванны *2*, внутренняя часть которой армирована винипластом. Колокол *4* изготовлен также из листового винипласта толщиной 8—10 *мм*. Винипластовые листы ванны и колокола сваривают между собой специальными винипластовыми электродами диаметром 4—6 *мм* в струе горячего воздуха (до 200°С), подаваемого в зону сварки от электрического приспособления.

Гальваническая ванна снабжена пневматическим приводом *7* для подъема и опускания колокола в электролит и выгрузки деталей. В процессе цинкования колокол вращают со скоростью 9 *об/мин* электродвигателем *8* (мощностью 0,6 *квт*) через червячный редуктор *6*. Вместимость колокола составляет 10—12 *кг* деталей. Детали цинкуют 40—50 *мин* в сернокислом электролите. Оцинкованные детали промывают в проточной горячей и холодной воде, после чего просушивают в электрической печи, оборудованной вентилятором для циркуляции горячего воздуха.

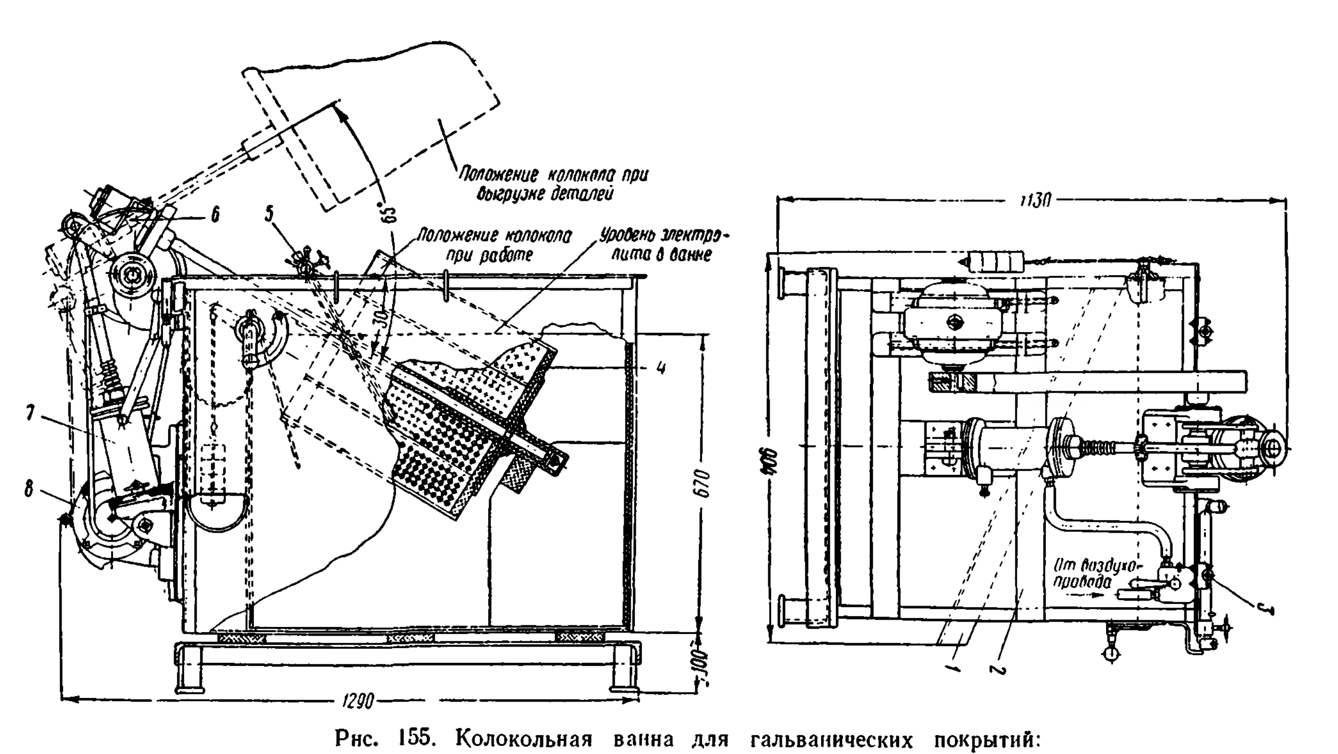


Рис. 155. Колокольная ванна для гальванических покрытий:

1 — лоток для разгрузки деталей; 2 — ванна; 3 — анод; 4 — колокол; 5 — катод; 6 — редуктор; 7 — пневматический привод подъема колокола; 8 — электродвигатель

Сборка щеткодержателей. При сборке и регулировке щеткодержателей (рис. 156 и 157) нажимные пальцы не должны иметь заеданий при подъеме и опускании, а концы пальцев касаться стенок щеточных гнезд и вырезов в корпусе щеткодержателя. Давление пальцев на угольную щетку должно соответствовать указанному на чертеже, а разница в давлении пальцев одного щеткодержателя не превышать 0,5 *кГ*. Контакт-

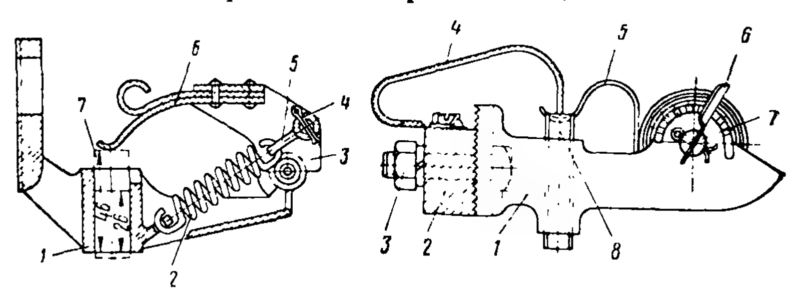


Рис. 156. Щеткодержатель тягового двигателя ДК-106Б:

1 — корпус; 2 — пружина; 3 — обойма; 4 — шплинт; 5 — держатель пружины; 6 — палец нажимной; 7 — угольная щетка

Рис. 157. Щеткодержатель преобразователя НБ-429А:

1 — корпус; 2 — кронштейн; 3 — гайка; 4 — шунт; 5 — пружина; 6 — фиксатор; 7 — ось; 8 — угольная щетка

ная пластина пальца должна прилегать к поверхности щетки без зазоров и перекосов, а контактные зажимы медных шунтов — пролужены припоем ПОС-30 и плотно прикреплены винтами к корпусу. Новые медные шунты не должны иметь обрывов жил; на отремонтированных шунтах допустим обрыв 5—7% медных жил. Угольные щетки должны входить в окна щеткодержателей свободно, без заедания, но в то же время без большого люфта, а зазор между щеткой и стенками корпуса должен быть равным 0,1— 0,15 *мм*. Все детали, входящие в механизм щеткодержателя, должны быть окрашены, оцинкованы и пролужены в соответствии с чертежами.

56. РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КРОНШТЕЙНОВ

Кронштейны служат для крепления щеткодержателей и изолирования их от корпуса электрической машины. В зависимости от типа машины, ее мощности и напря-

жения кронштейны щеткодержателей тяговых двигателей и вспомогательных машин изготавливают различного конструктивного исполнения. Для изолирования пальцев кронштейнов от корпуса применяют слюду, пластические массы, бакелизированную бумагу, миканиты и др. В последние годы для изолирования кронштейнов интенсивно начали применять различные пластмассы, вытесняющие дорогостоящую слюду. Кронштейны, например тяговых двигателей ДК-103, НБ-412, ДК-106, ДК-304 и многих вспомогательных машин, изолируют стеклопластиком АГ-4, пластмассой на основе резольных смол, асбодином и т. д.

Основная работа, связанная с ремонтом кронштейнов, состоит в замене поврежденной изоляции и бракованных фарфоровых изоляторов. В остальном ремонт кронштейнов несложен и незначителен по объему. Обычно он включает восстановление резьбовых отверстий, гребенчатых поверхностей, заливку неплотностей компаундной массой, покраску и т. п. Различают два вида ремонта кронштейнов: без смены изоляции пальцев и со сменой изоляции.

Ремонт кронштейнов без смены изоляции. Очищенный от эксплуатационных загрязнений и старой краски кронштейн осматривают и проверяют качество изоляции пальцев, фарфоровых изоляторов, резьбовых отверстий, крепежных шпилек и гребенчатой поверхности. Сопротивление изоляции пальцев кронштейнов относительно корпуса измеряют мегомметром на 2500 *в;* оно должно быть не менее 100 *Мом.* Если сопротивление изоляции ниже установленной нормы, то кронштейн направляют в печь и сушат 12—16 *ч* при температуре 120—140°С. В процессе сушки периодически проверяют сопротивление изоляции. Если в результате сушки это сопротивление не увеличится до нормального, то кронштейн бракуют и передают для перепрессовки пальцев со сменой изоляции. Кронштейны с пластмассовой изоляцией, сопротивление которой ниже нормы, не ремонтируют.

Качество резьбы проверяют проходными и непроходными резьбовыми калибрами. Профиль ниток гребенки кронштейна проверяют шаблоном. Случаи полного износа или повреждения гребенчатой поверхности кронштейнов весьма редки. Если же кронштейн имеет

бракованную гребенку, то после выпрессовки пальцев из кроиштейна ее восстанавливают электродуговой наплавкой с последующей механической обработкой. Наплавлять гребенку кроиштейна при запрессованных пальцах запрещено, так как это может вызвать перегрев и порчу изоляции. Незначительные повреждения гребенки кронштейнов — вмятины и забоины иа нитках — восстанавливают опиловкой и зачисткой. Разрешено выпускать из ремонта кроиштейиы с местиыми повреждениями гребенки, ио не более 10% общего количества ииток.

При ремонте кроиштейнов непригодные фарфоровые изоляторы заменяют новыми. Изолятор бракуют, если он имеет отколы, царапины глазури, следы подгаров, несмываемые пятна и др. Глазурованная поверхность изоляторов должна быть чистой, гладкой и блестящей, а овальность и конусность внутренией их поверхности — не превышать 1—1,5 *мм*.

Перед монтажом внутреннюю поверхность иового изолятора и изоляцию пальца кронштейна покрывают клеящим лаком, после чего легкими ударами деревянного молотка через подбойку изолятор насаживают на палец кронштейна. Фарфоровые изоляторы очеиь хрупкие, поэтому их монтаж ведут осторожно. Перед посадкой на лак изоляторы подбирают к кронштейну так, чтобы он не имел большего люфта, ио в то же время палец кронштейна входил в отверстие изолятора без большого усилия. В случае слабой посадки изолятора на изоляцию пальца наматывают для уплотнения несколько слоев миканита, причем каждый слой промазывают клеящим лаком. Напрессоваиный изолятор не должен проворачиваться на пальце кронштейна. Пустоты между изолятором и телом кронштейна, а также кольцевые канавки по торцу изолятора заливают компаундной массой, нагретой до 150—160°С. Заливка компаундом препятствует попаданию влаги и эксплуатационных загрязнений между изолятором и изоляцией пальца кронштейна в процессе работы электрнческой машины. Поэтому заливка должна быть плотной, а поверхность компаунда после остывания — гладкой и без трещин. Изолятор устанавливают на кронштейне с таким расчетом, чтобы между торцами пальца и изолятора был зазор не менее 1 *мм*. Корпус отремонтирован-

ного кронштейна красят красной эмалью воздушной сушки и 8—10 *ч* сушат на воздухе или 3 *ч* в печи при температуре 70—80°С. Электрическую прочность изоляции пальцев кронштейнов испытывают высоким напряжением переменного тока, превышающим на 20% величину, установленную для проверки прочности изоляции электрических машин в собранном виде при контрольных испытаниях на испытательной станции.

Перепрессовка пальцев кронштейнов. При пробое изоляции пальцев последние выпрессовывают из кронштейна специальным приспособлением на гидравлическом прессе. Если резьба пальцев изношена сверх установленной нормы, то их бракуют и заменяют новыми. Стальные полувтулки, снятые с кронштейна, передают в гальваническое отделение для переоцинковки. Поврежденную изоляцию вынимают из кронштейна и заменяют новой.

Для изолирования пальцев от корпуса кронштейнов тяговых двигателей НБ 406 и НБ-411 применяют пластинки слюды-шаблонки мусковит трех размеров: 100×49 и 97×49 *мм* с вырезами зубцов по узкой стороне и 87×49 *мм* без выреза зубцов. Для изолирования одного пальца кронштейна расходуют около 120 *г* слюды-шаблонки. Перед закладкой слюды протирают бензином отверстия в корпусе кронштейна, чтобы поверхность их была сухой и чистой. Затем на дно отверстия укладывают миканитовую шайбу *4* диаметром 49 *мм* и толщиной 1 *мм* (рис. 158), После этого по одной пластине с перекрышей на $^2/_3$ по ширине закладывают зубцами вниз первую навеску слюдяных пластин *5* размером 100×49 *мм*. Затем специальным приспособлением опрессовывают уложенную слюду, заливают на дно отверстия 2—3 *г* нагретого до 180°С компаунда и закладывают еще две миканитовые шайбы диаметром 47 *мм*. Аналогично укладывают слюду-шаблонку последующих размеров и изоляционные шайбы. Кронштейны, укомплектованные согласно чертежу слюдяной изоляцией, загружают в сушильную печь и нагревают до температуры 150—160°С. В нагретый кронштейн закладывают стальные полувтулки буртом вниз, между полувтулками вставляют палец и легкими ударами молотка вводят его на глубину 10—15 *мм*. После этого кронштейн устанавливают на гидравлический пресс и запрессовывают

пальцы усилием 3—5 *Т*, обращая особое внимание на фактическую величину давления. Если запрессовка пальцев происходит под меньшим или большим усилием пресса, то прекращают прессование, вынимают пальцы, устанавливают причину отклонения величины давления от нормы и устраняют ее (добавляют или вынимают слюду, устраняют перекос полувтулок и т. д.).

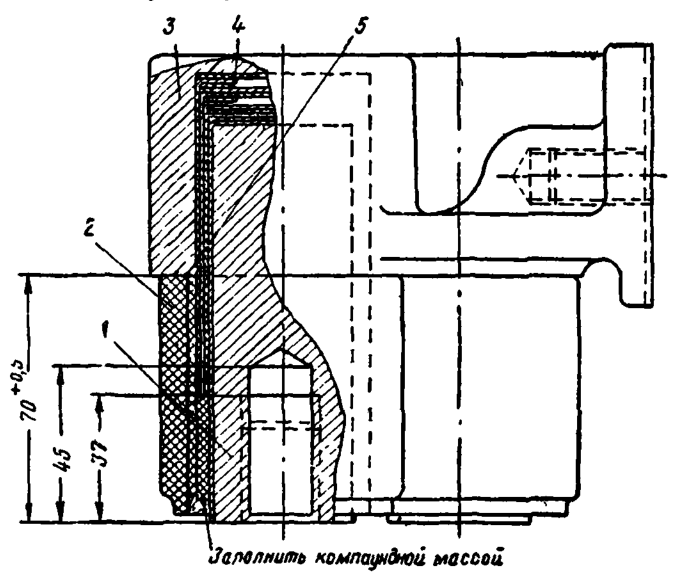


Рис. 158. Изоляция кронштейна щеткодержателя тягового двигателя НБ-406:

1 — палец; 2 — изолятор, 3 — корпус кронштейна, 4 — изоляционная шайба, 5 — слюдяные пластины

Запрессовав пальцы в кронштейны, испытывают электрическую прочность изоляции напряжением 10,8 *кв* в течение 1 *мин*. Затем на изоляцию пальцев накладывают защитный бандаж из киперной ленты и кронштейны направляют на механическую обработку, включающую фрезерование торцов пальцев, сверление отверстий и нарезание в них резьбы. При выполнении станочных работ во избежание порчи изоляции пальцев нельзя применять охлаждающие жидкости. Закончив механическую обработку, снимают временный бандаж и

кронштейны помещают на 3—4 *ч* в печь для сушки изоляции при температуре 140—150°С. После сушки кронштейны охлаждают до комнатной температуры и повторно испытывают изоляцию напряжением 10,2 *кв*. На пальцы кронштейнов, выдержавших электрические испытания, устанавливают смазанные глифталевым лаком миканитовые втулки, на которые потом монтируют фарфоровые изоляторы. После окончательной сборки кронштейнов их повторно сушат при температуре 150°С в течение 2 *ч*, а затем отделывают и окрашивают поверхности.

Изготовление кронштейнов щеткодержателей, изолированных пластмассой. Кронштейны тяговых двигателей ДК-106, УРТ-110, ДК-103, НБ-412 и вспомогательных машин изолируют различными пластическими массами (рис. 159 и 160). Завод НЭВЗ для этих целей применяет изодин и компаунды. Изодин представляет собой пресс-массу, состоящую из мелких кусочков баке-

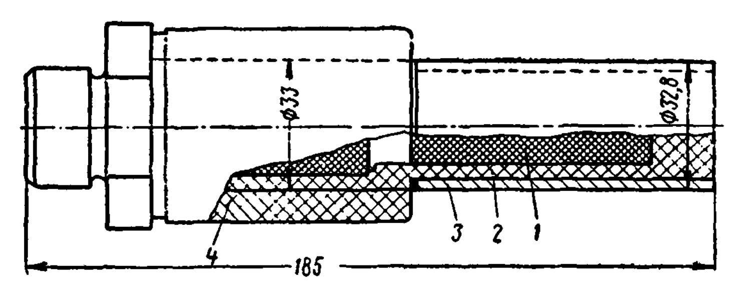


Рис. 159. Кронштейн щеткодержателя тягового двигателя НБ-412М, изолированный пресс-массой АГ-4В:

1 — палец; 2 — изоляция; 3 — трубка; 4 — фарфоровый изолятор

лизированной бумаги и 35% бакелитовой смолы. Завод МЭМРЗ устанавливает на электрические машины кронштейны щеткодержателей, изоляция которых изготовлена из стеклопластика АГ-4В и пресс-массы на основе смолы резольного типа. Такие изоляционные пластмассы имеют высокие механические и диэлектрические свойства. Поэтому пробои изоляции пальцев кронштейнов на пластмассе в эксплуатации очень редки и ремонт их состоит главным образом из замены фарфоровых изоляторов. Прессуемую массу АГ-4В изготавливают

на основе модифицированной фенольно-формальдегидной смолы с наполнителем из стекловолокна. Диэлектрические и механические свойства этой массы выше асбодина А-2 и пластмассы из резольного порошка.

Кронштейны щеткодержателей из стеклопластика изготавливают в специальных прессформах при температуре 170—180°С и удельном давлении прессования 500—550 *кГ/см*². Пресс-массу в прессформе запекают

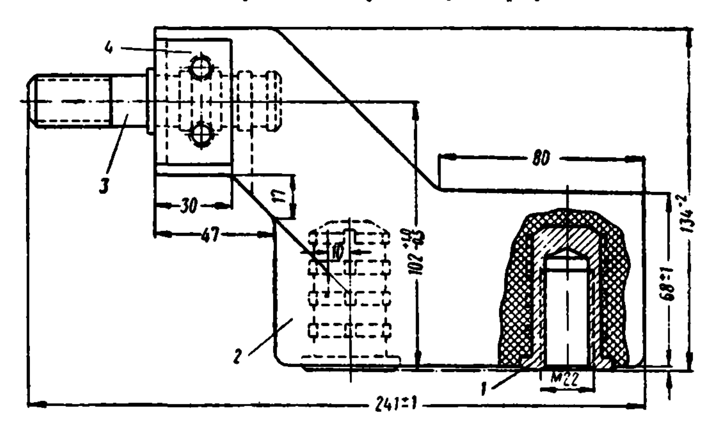


Рис. 160. Кронштейн щеткодержателя тягового двигателя ДК-103Г, изготовленный на основе стеклопластика АГ-4В:

1 — втулка стальная; 2 — изоляция АГ-4В; 3 — шпилька; 4 — планка крепления выводов

не менее 20—25 *мин*. После формовки кронштейн извлекают из прессформы и подвергают термообработке в течение 12—16 *ч* в печи с температурой 160°С. Поверхность готового кронштейна должна быть чистой, гладкой и блестящей, без царапин, пятен и каких-либо дефектов.

Механическая обработка стальных корпусов кронштейнов. Механическая обработка новых корпусов кронштейнов тяговых двигателей включает сверление и расточку отверстий, фрезерование кронштейна по контуру и нарезание гребенки, нарезку резьбы и т. д. Отверстия под посадку пальцев растачивают в специальном самоцентрирующем приспособлении. Такое приспособление для расточки корпусов кронштейнов тягового двигателя НБ-412М показано на рис. 161. Перед

расточкой корпус кронштейна *7*, состоящий из двух половин, зажимают кулачками *4* и *8*, после чего сначала сверлят, а затем растачивают одно отверстие. Затем, отвернув два болта *1*, поворачивают диск *10* относительно планшайбы *9* на 180° и растачивают второе от-

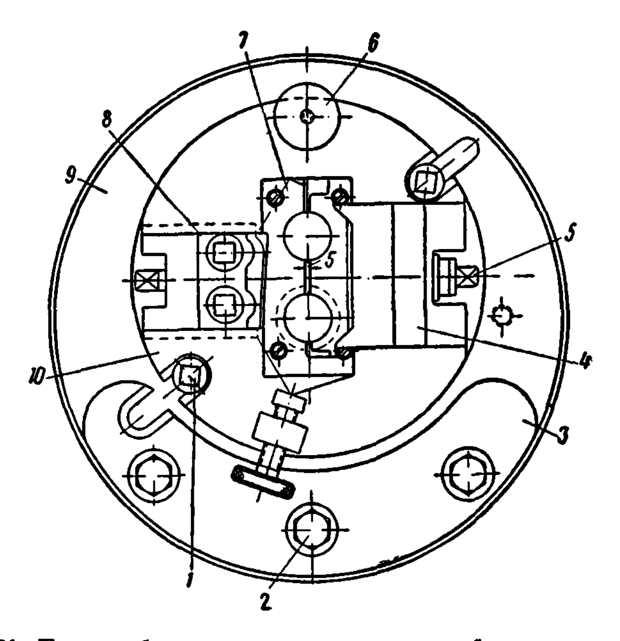


Рис. 161. Приспособление для расточки отверстий в корпусе кронштейна щеткодержателя тягового двигателя НБ-412М:

1, 2 — болты; 3 — противовес; 4, 8 — зажимные кулачки; 5 — винт; 6 — фиксатор; 7 — корпус кронштейна; 9 — планшайба; 10 — диск поворотный

верстие в кронштейне. Это приспособление обеспечивает точное расстояние между центрами растачиваемых отверстий и строгую параллельность их осей, так как расточку выполняют за одну установку кронштейна в приспособление. Отверстия, расточенные в корпусе, служат базой для дальнейшей механической обработки кронштейна.

Для фрезерования гребенки, сверления отверстий и нарезания резьбы корпус *6* кронштейна НБ-412М устанавливают в приспособлении (рис. 162) на специаль-

ные цилиндрические фиксаторы 4 и зажимают упорной гайкой 2. Приспособление изготавливают многогнездовым, что позволяет одновремеино обрабатывать два

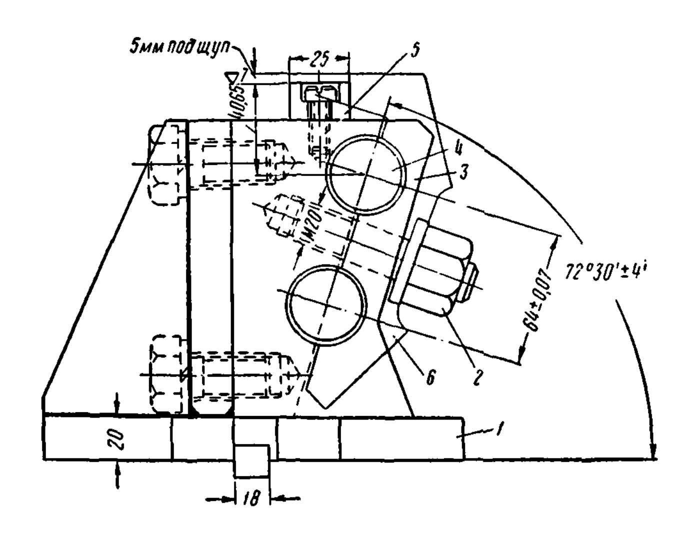


Рис. 162. Приспособление для фрезерования гребенки и сверления отверстия в корпусе кронштейна двигателя НБ-412М:

1 — основание; 2 — гайка; 3 — корпус приспособления; 4 — цилиндрический фиксатор; 5 — сухарь для контроля; 6 — корпус кронштейна

(или более) кронштейна. Кронштейны других тяговых двигателей (НБ-406, ДПЭ-400, ДК-304 и др.) обрабатывают аналогичным способом.

57. РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЕРДЕЧНИКОВ ПОЛЮСОВ И ЛИСТОВ ЯКОРНОЙ СТАЛИ

Ремонт и изготовление главных полюсов. При ремонте главных полюсов в случае необходимости заменяют боковины, заклепки, стержни, часть листов. В основании выступов боковин полюсов часто возникают трещины.

Поэтому при осмотре поступивших в ремонт главных полюсов на эти места обращают особое внимание. При заводском ремонте тяговых двигателей и вспомогательных машин негодные для ремонта сердечники главных полюсов заменяют. Поэтому ремонтные заводы должны иметь соответствующую технологическую оснастку (штампы, кондукторы и пр.) для изготовления новых сердечников.

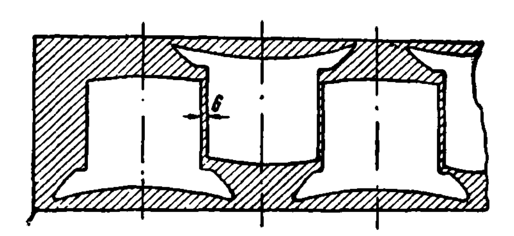


Рис. 163. Раскрой полюсных листов в полосе заготовки

Листы стали для главного полюса вырубают по контуру (и одновременно пробивают отверстия) на комбинированных штампах за один удар. Вырубное усилие для листа стали толщиной 1,5 *мм* зависит от размеров его периметра и составляет для главных полюсов тяговых двигателей 70—100*Т*. Поэтому сталь полюсов штампуют на кривошипных прессах с усилием 100—150*Т*. Наиболее выгодно раскраивать листы полюса так, как показано на рис. 163. В этом случае при вырубке переворачивают заготовку, что увеличивает вспомогательное время, однако это окупает экономия в расходовании листовой стали. При штамповке полюсной стали тяговых двигателей НБ-406 и ДПЭ-400, где высота листа небольшая, заготовку при вырубке не переворачивают и процесс штамповки идет непрерывно. Боковины главных полюсов толщиной 5—6 *мм* изготавливают за две операции: сначала в одном штампе боковину вырубают по контуру при усилии не менее 150*Т*, затем во втором штампе в ней пробивают отверстия.

При сборке главных полюсов пакеты стали опрессовывают в специальных приспособлениях на гидравлических прессах и затем склепывают. После этого в отверстие полюса запрессовывают стержень. В готовом по-

люсе не должно быть распушения, ослабления и смещения листов. Пакет стали полюса должен быть монолитным и иметь ровные поверхности. После сборки и отделки главный полюс покрывают черным лаком БТ-99 (кроме поверхности прилегания к остову).

Ремонт сердечников дополнительных полюсов. Различают два конструктивных исполнения дополнительных полюсов: электровозные с приклепанными латун-

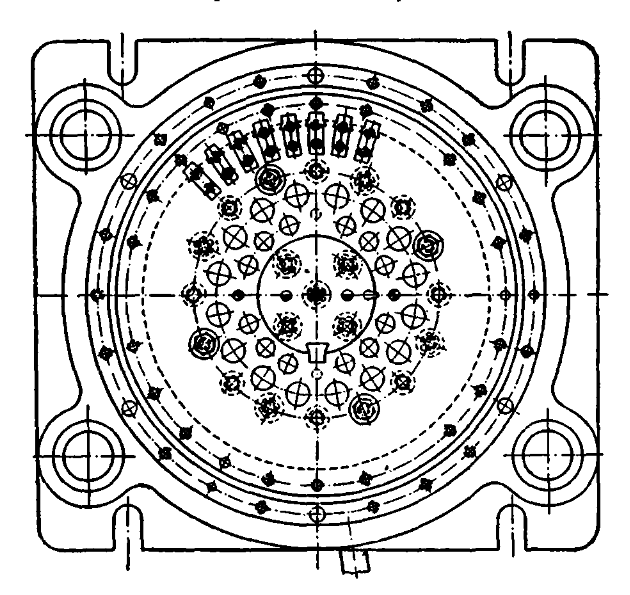


Рис. 164. Общий вид пуансонов компаундного штампа для вырубки листов якорной стали тягового двигателя НБ-406

ными или бронзовыми угольниками и моторвагонные и тепловозные без угольников. Полюс без угольников представляет собой стальной брусок с резьбовыми отверстиями и двумя буртами для удержания фланца и полюсной катушки. Ремонт этих полюсов состоит в восстановлении резьбовых отверстий и устранении заусенцев, забоин и прочих дефектов. Ремонт же дополнительных полюсов тяговых двигателей ДПЭ-400 и НБ-406 часто требует замены латунных угольников, сменяемость которых при заводском ремонте достигает 40—70%.

Основная неисправность угольников — трещины в месте изгиба и около отверстий. Новые угольники отливают из кремнистой латуни и строгают по поверхности прилегания к полюсу. Затем по кондуктору в угольниках сверлят отверстия и приклепывают их к сердечнику пневматическим молотком в специальном приспособлении.

Штамповка якорной стали. На ремонтные заводы иногда поступают тяговые двигатели, имеющие частичное или полное разрушение зубцового слоя пакета якорной стали. Эти тяжелые повреждения возникают вследствие размотки металлических бандажей в процессе эксплуатации электрической машины. В этом случае необходима замена стали сердечника якоря. Технология изготовления якорной стали состоит из трех основных операций: штамповки листов, зачистки их поверхности от заусенцев и лакировки. В зависимости от объема работ и технической вооруженности ремонтного завода эти операции выполняют различными способами.

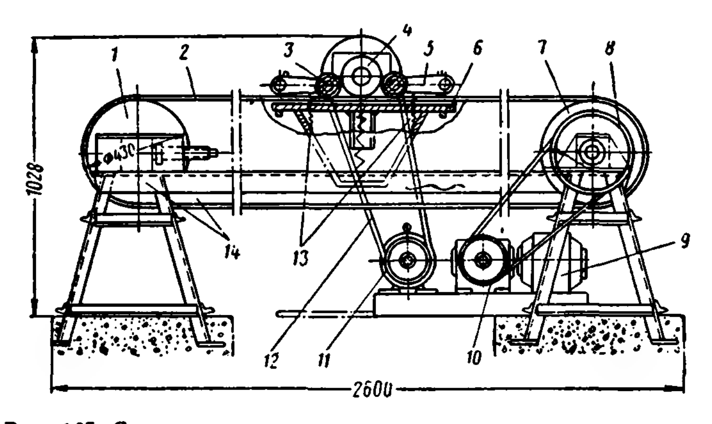


Рис. 165. Станок для снятия заусенцев с листов якорной стали:
1, 7 — барабаны; 2 — лента конвейера; 3 — валик прижимной; 4 — наждачный камень; 5 — балансир; 6 — стол; 8, 12 — ременные передачи; 9, 11 — электродвигатели; 10 — редуктор; 13 — пружины; 14 — рама

Специализированные заводы с массовым крупносерийным производством штампуют листы якорной стали за один удар на мощных кривошипных прессах с усилием 350—500 *Т* в сложных компаундных штампах

(рис. 164). Некоторые ремонтные заводы штампуют листы якорной стали за две операции. При первой операции в заготовке листа специальным штампом на эксцентриковом прессе с усилием 150—200*Т* вырубают центральное и вентиляционные отверстия. При второй операции с помощью специального приспособления на прессе усилием 16—20*Т* последовательно вырубают штампом пазы по окружности листа. В процессе штамповки приспособление автоматически поворачивает лист на заданный центральный угол, а пуансон штампа выбивает в нем паз.

Заусенцы по контуру вырубки листов, возникающие во время штамповки, снимают иа станке шлифовальными кругами (рис. 165). По конвейерной ленте лист стали якоря поступает к подающим валикам, которые проталкивают его между опорным резиновым валиком и набором шлифовальных кругов, вращающихся со скоростью 1500 *об/мин*. Скорость движения ленты конвейера при шлифовании 12—15 *м/мин*. На станке шлифуют лист только с одной стороны, поэтому их укладывают на приемную ленту заусенцами вверх, т. е. в сторону шлифовальных кругов.

Лакировка листов стали якоря. Очищенные от заусенцев листы сталн якоря лакируют покровным лаком № 302, пропуская их между валиками специальной установки. Поверхиость нижнего валика станка при его вращении постоянно смачивается лаком из ванны и, соприкасаясь с верхним валиком, хорошо смачивает лаком и его поверхность. Между этими валиками пропускают листы якорной стали, которые и покрываются тонким слоем лака. Для сушки пленки лака рядом с лакировочным устройством смонтирована конвейерная сушильная печь с электрическим или газовым обогревом. После сушки пленка лака на листах якорной стали должна быть ровной, гладкой, без морщин и подтеков лака, а поверхность листа — прокрашена полностью, без пропусков.

XII

РЕМОНТ МОТОРНО-ЯКОРНЫХ РОЛИКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

58. РЕМОНТ И СБОРКА РОЛИКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

В тяговых двигателях электроподвижного состава и тепловозов широко применяют цилиндрические роликовые подшипники, типы и основные размеры которых приведены в табл. 29 и 30. Согласно Правилам ремонта на электрические машины, прошедшие заводской ремонт второго объема, устанавливают только новые роликовые подшипники. При заводском ремонте первого объема монтируют как новые, так и отремонтированные роликовые подшипники. Шариковые подшипники не ремонтируют, а заменяют новыми. При ремонте подшипников в зависимости от их износа заменяют внутренние кольца, ролики, а в случае необходимости и сепараторы.

Разборка и дефектированне подшипников. Снятые с двигателя роликовые подшипники сначала промывают в моечной машине эмульсионным раствором, затем в бензине, а после этого разбирают. При разборке подшипника в специальном кондукторе рассверливают головки заклепок со стороны кольца сепаратора и выбивают их бородком. Срубать головки заклепок зубилом не следует, так как образовавшиеся после среза заусенцы препятствуют выемке заклепок из отверстия сепаратора. После разборки каждую деталь роликового подшипника вновь промывают в бензине. Годность деталей подшипника определяют внешним осмотром. Магнитной дефектоскопией проверяют, нет ли трещин в кольцах и роликах подшипииков тяговых двигателей. Овальность,

конусность и размеры деталей проверяют контрольно-измерительными инструментами и приборами. Детали с неисправимыми дефектами бракуют.

Таблица 29

Наименование технического показателя подшипника	Номер роликового подшипника									
	92317 32317	22320 32320	42322	32332	32413	62417 32417	32419	32422	32424	32426 42426 92426	42428
Наружный диаметр наружного кольца в *мм*	180	215	—	340	160	210	240	280	310	340	360
Наружный диаметр внутреннего кольца в *мм* . . .	108	129,5	143	208	89,3	113	133,5	155	170	185	196
Внутренний диаметр внутреннего кольца в *мм* . .	85	100	110	160	65	85	95	110	120	130	140
Число роликов .	14	14	—	15	12	12	13	13	13	12	12
Диаметр роликов в *мм* . .	24	28	—	42	23	32	34	40	45	52	54
Длина роликов в *мм* . . .	24	28	—	42	23	32	34	40	45	52	54
Вес подшипника в *кг* . .	5,43	8,91	11	32,3	4,54	9,9	13,8	22,6	30,2	40	48,8

Ремонт деталей подшипников. В зависимости от износа различают два вида ремонта роликовых подшипников. Первый вид включает замену ослабших или сорванных заклепок и в случае надобности замену внутреннего роликового кольца. При этом виде ремонта подшипника ролики не разукомплектовывают, а в случае необходимости только шлифуют по рабочим поверхностям. Второй вид ремонта включает переукомплектование роликового подшипника и замену любой его детали, не отвечающей по своему состоянию техническим требованиям. Роликовые кольца (внутренние и наружные) считают годными, если их поверхности гладкие, прикатанные, без рисок, вмятин, сколов, задиров и имеют обычно ровный матовый цвет. Конусность и овальность беговой дорожки наружного кольца проверяют индикаторным прибором. Если овальность превышает 20—25 *мк*, то беговую дорожку кольца шлифу-

ют на специальном круглошлифовальном станке с минимальным снятием металла, но без оставления черновин.

Таблица 30

Тип электромашины	Номер подшипника	
	со стороны коллектора	со стороны, противоположной коллектору
НБ-412М, НБ-406Б	42428	42428
НБ-411	42426	42426
ДПЭ-400, ДПЭ-340	92426	32426
ТАО-649	42322	32332
ДК-103	62417	32422
ДК-106, УРТ-110	62417	32419
ДПИ-150	62417	32422
НБ-430, НБ-431	92317	32417
НБ-429	92317	32317
ДК-403	315	32417
НБ-404	—	32417
ДК-401	22320	32320
ДК-601, ДК-604	315	32413

Ролики сортируют при помощи специального прибора 408М (рис. 166) с одномикронным миниметром. Диаметры роликов измеряют в трех местах — посредине и по краям цилиндрической поверхности на расстоянии 8—12 *мм* от торцов. Годными считают ролики, у которых овальность и конусность рабочей поверхности не превышают 3—4 *мк*. Если ролики имеют выпуклость по диаметру или вогнутость (корсетность) цилиндрической поверхности, то их шлифуют на бесцентровом шлифовальном станке с минимальным снятием металла, но без оставления черновин.

Существенное влияние на работоспособность роликовых подшипников оказывает разница в диаметрах роликов в одном комплекте подшипника. Поэтому при сборке подшипников ролики подбирают так, чтобы разность их диаметров в одном комплекте не превышала 4—5 *мк*. Для долговечности подшипника важное значение имеет также величина и равномерность зазора между направляющими буртами наружного (или внутреннего) кольца и торцами роликов. Эти показатели зависят от высоты роликов, перпендикулярности их ци-

линдрической поверхности относительно торцов и параллельности буртов роликовых колец. Высоту роликов измеряют тем же прибором 408М. Разномерность роликов по высоте не должна иметь отклонений более чем на 20—25 мк. Если в одном комплекте подшипника попадают ролики с большей разницей по высоте, их

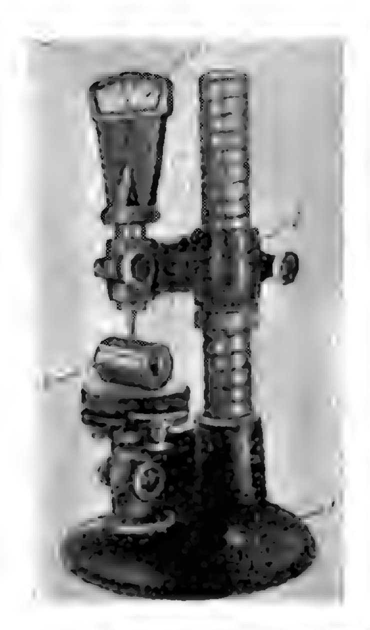


Рис. 166. Прибор типа 408М для проверки размеров роликов:

1 — основание; 2 — кронштейны; 3 — миниметр; 4 — ролик



Рис. 167. Прибор для проверки перпендикулярности цилиндрической поверхности ролика относительно торца:

1 — плита; 2 — ролик; 3 — миниметр

шлифуют по торцовым поверхностям на плоскошлифовальном станке. На рис. 167 показан прибор для проверки перпендикулярности цилиндрической поверхности роликов относительно торцов.

Сборка роликовых подшипников. После шлифования на станках с электромагнитной плитой и магнитной дефектоскопии детали роликовых подшипников сильно намагничиваются. Несмотря на тщательность очистки и

промывки, намагниченные детали сохраняют или дополнительно улавливают металлическую пыль и мелкую стружку из окружающей среды. Особенно много металлической пыли собирается на острых углах и кромках, где концентрируются магнитные силовые линии. Сборка таких деталей недопустима, так как может привести к повреждению подшипника. Поэтому перед сборкой детали подшипника обязательно размагничивают на спе-

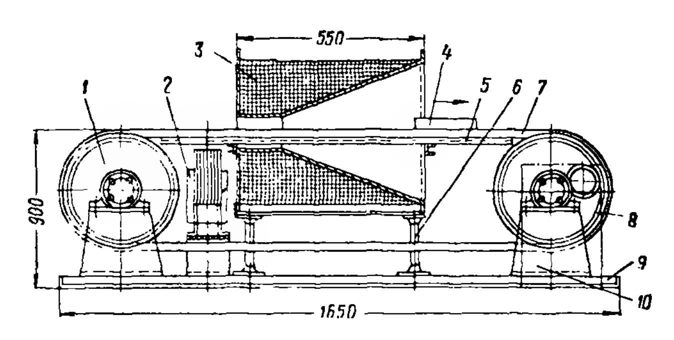


Рис. 168. Устройство для размагничивания деталей роликовых подшипников:

1 — барабан; 2 — дроссель размагничивания; 3 — катушка размагничивания; 4 — деталь подшипника; 5 — направляющие транспортера; 6 — стойки крепления катушки; 7 — транспортер; 8 — приводной барабан; 9 — рама; 10 — редуктор с электродвигателем

циальном устройстве — демагнитизаторе (рис. 168). Устройство состоит из небольшого транспортера с электроприводом, дросселя с разомкнутым магнитным сердечником и катушки размагничивания, которые подключают к цепи переменного тока напряжением 380 *в*. Каркасы катушки и дросселя выполнены из изоляционного материала, а их обмотки имеют следующие данные: дросселя — 1200 витков из провода марки ПЭЛ диаметром 1 *мм*; катушки — 5200 витков из провода ПЭЛ диаметром 1,5 *мм*.

Рама, на которую установлена катушка и транспортер, изготовлена из немагнитных материалов. Скорость движения транспортера 2,5—3 *м/мин*. Вначале деталь роликового подшипника проходит над магнитной системой дросселя, подвергаясь в его переменном магнитном поле многим циклам перемагничивания, а затем поступает в катушку размагничивания, магнитное поле кото-

рой (благодаря ее форме в виде конусного раструба) постепенно уменьшается до нуля. При выходе из катушки деталь окончательно теряет свои магнитные свойства и соскальзывает с транспортера демагнитизатора на приемный стол или на другой транспортер, связанный с рабочим местом по сборке подшипников.

Для клепки заклепок (диаметром 4—6 *мм*) сепаратора роликовых подшипников целесообразно использовать специальный электропневматический пресс — полуавтомат типа ЭКП-5 (рис. 169), разработанный Пер-

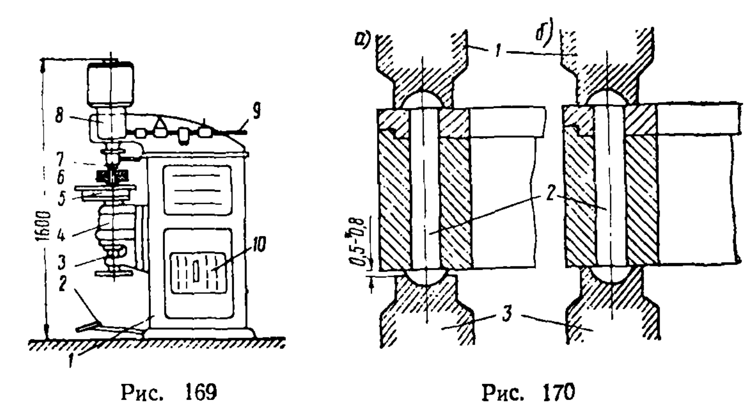


Рис. 169 Рис. 170

Рис. 169. Схема электропневматического пресса для клепки заклепок сепараторов роликовых подшипников:

1 — станина; 2 — педаль управления; 3 — червячный винт; 4 — суппорт; 5 — стол пресса; 6 — сепаратор подшипника; 7 - пуансон; 8 — пневматический цилиндр; 9 — подвод сжатого воздуха; 10 — коммутатор

Рис. 170. Способы клепки заклепок:

а — правильно; б — неправильно

вым московским государственным подшипниковым заводом и состоящий из сварной станины, пневматического цилиндра, стола пресса, трансформатора, пневматической и электрической аппаратуры управления. Пресс снабжен набором сменных приспособлений, предназначенных для формирования головок заклепок разного диаметра. Роликовый подшипник устанавливают на стол пресса так, чтобы головка заклепки *2* (рис. 170) входила в сферическое гнездо нижнего пуансона *3* приспособления. Затем опускают верхний паунсон *1* и включают силовой трансформатор. Электрический ток, проходя по стержню заклепки, нагревает выступающий из

сепаратора конец ее до температуры 900—950°С. В этот момент автоматически включается пневматический цилиндр и передает усилие через шток и верхний пуансон на заклепку, сдавливает ее выступающий конец и придает полусферическую форму заклепке. Время нагревания стержня заклепки регулируют при помощи реле времени. Мощность трансформатора 18—20 *квт*. Усилие штока пневматического цилиндра 2700 *кГ*. Производительность электроклепального пресса — около десяти включений в 1 *мин*.

Собранный и склепанный роликовый подшипник подвергают контролю по величине радиального зазора, за которую принимают среднее арифметическое значение результатов трех измерений зазора между внутренним роликовым кольцом и тремя несмежными роликами. Радиальный зазор измеряют специальным приспособлением, периодически поворачивая наружное кольцо и ролики при неподвижном внутреннем кольце. Если нет приспособления, то радиальный зазор измеряют набором щупов. Для одного подшипника разница трех измерений радиального зазора более 10—15 *мк* недопустима. Отремонтированный и проверенный подшипник продувают сухим сжатым воздухом, промывают в бензине, смазывают антикоррозионной смазкой и обертывают пергаментной бумагой. Готовые роликовые подшипники хранят в чистом и сухом помещении без резких колебаний температуры воздуха.

59. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ РОЛИКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

Подшипниковая сталь и ее ковка. Сталь для подшипников должна обладать высокими механическими свойствами: достаточной упругостью, высоким сопротивлением усталости, хорошей ударной вязкостью и вместе с тем твердостью, чтобы детали подшипника не деформировались и не разрушались под нагрузкой. Кроме того, эта сталь должна иметь однородную структуру и обладать постоянством химического состава. Стабильность химического состава и физических свойств подшипниковой стали имеет очень большое значение для работоспособности и долговечности роликовых подшипников. Для изготовления подшипников применяют сталь

с мелкозернистой структурой, так как она мало подвержена короблению и образованию внутренних напряжений при закалке, обладает хорошей текучестью в нагретом состоянии и хорошо заполняет формы при ковке, не давая трещин. Эта сталь малочувствительна к высокой температуре и допускает перегрев до 200—250°С сверх критической без изменения структуры.

Для изготовления крупногабаритных роликовых подшипников тяговых двигателей применяют главным образом хромоуглеродистые стали марок ШХ15 и ШХ15СГ, химический состав которых приведен в табл. 31. Наличие марганца и кремния в хромоуглеродистой стали обеспечивает высокое качество закалки крупных деталей роликовых подшипников. Содержание меди в стали не должно превышать 0,25%, содержание никеля — не более 0,2%.

Таблица 31

Марка стали	Химический состав в %,					
	углерода	хрома	марганца	кремния	серы	фосфора
ШХ15	0,95—1,1	1,30—1,65	0,2—0,4	0,15—0,35	0,02	0,027
ШХ15СГ	0,90—1,1	1,30—1,65	0,9—1,2	0,40—0,65	0,02	0,027

При горячей ковке подшипниковой стали заготовки нагревают в газовых или нефтяных печах. Для равномерного прогревания их загружают в печь в один ряд с небольшими промежутками. Во избежание перегрева не следует одновременно загружать в печь заготовки с большой разницей в весе и конфигурации. Заготовки нагревают равномерно с одинаковой скоростью и по всему объему. Поэтому по мере расходования горячих заготовок печь непрерывно пополняют новыми. Верхними допустимыми пределами нагрева заготовок считают 1100—1120°С для стали марки ШХ15 и 1080—1100°С для ШХ15СГ. Продолжительность нагревания заготовок в печи зависит от их размеров. Высокая скорость нагревания не влияет на качество металла. Хромоуглеродистые стали допускают нагревание с предельно возможной скоростью; необходимо лишь следить за равно-

мерностью нагревания заготовок по всему объему и избегать местных перегревов от прямого воздействия пламени печи.

Детали подшипников на ремонтных заводах обычно куют на кузнечных молотах с запасом мощности, достаточным для выполнения всего объема ковки в короткое время, определяемое охлаждением поковки до температуры, при которой ковку прекращают (800—830°С для марки ШХ15СГ). Особое внимание обращают на равномерность охлаждения деталей после ковки, поэтому нельзя бросать горячие поковки на влажную землю, класть их на массивные холодные металлические плиты и т. д.

Отжиг поковок. После ковки детали отжигают для снижения твердости, улучшения структурного состояния стали и снятия внутренних напряжений перед последующей закалкой. Отжиг придает подшипниковой стали мелкозернистую однородную структуру и снижает твердость, что очень важно для токарной обработки. Для отжига деталей целесообразно иметь отдельную электропечь мощностью 40—60 *квт*. При нагревании поковок следят за тем, чтобы вся партия деталей, уложенных в печь для отжига, прогревалась равномерно и с одинаковой скоростью. Поэтому не загружают детали подшипников в печь навалом, а заполняют ее по возможности поковками одинаковой конфигурации и веса, так как в противном случае неравномерный отжиг может привести к неоднородности структуры металла в партии поковок. Для выравнивания температуры поковок нагревание иногда ведут ступенями. Первая ступень нагревания до температуры 700—710°С занимает 5,5—6 *ч*. Затем поковки выдерживают при этой температуре 1—1,5 *ч*. Вторая ступень нагревания занимает 4—5 *ч*: от 700°С до конечной температуры, которая для хромоуглеродистой стали равна 770—800°С. По достижении максимальной температуры отжига поковки выдерживают в печи еще в течение 2,5—3 *ч*.

Детали из подшипниковой стали ШХ15 после отжига должны иметь твердость по Бринеллю 178—207; для стали ШХ15СГ допускают твердость до 215. Отжиг при температуре ниже 770°С придает хромоуглеродистой стали крупнозернистую структуру, причем ее твердость может оказаться значительно выше нормальной. В та-

ком случае для исправления структуры стали отжиг повторяют. Отжиг поковок при температуре выше 820—840°С также вызывает образование неоднородной крупнозернистой структуры стали при незначительном повышении ее твердости. Поэтому проверка поковок на твердость не может служить надежным контролем качества отжига.

Большое влияние на качество отжига имеет скорость охлаждения поковок. Для стали ШХ15 оптимальная скорость охлаждения лежит в пределах 20—30°С/*ч*; эту скорость необходимо выдерживать только в интервале температур от максимальной 800°С до промежуточной 400—450°С. Продолжительность охлаждения поковок после отжига в диапазоне критических температур составляет около 20—22 *ч*, полное время цикла отжига партии деталей приблизительно равно 30—40 *ч* (рис. 171).

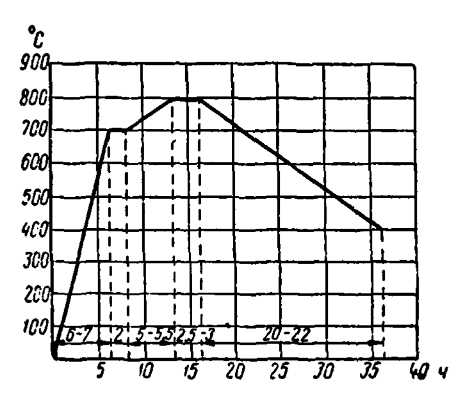


Рис. 171. График отжига поковок деталей роликовых подшипников в электрической камерной печи

Закалка деталей подшипников. Закалка — важнейшая операция термообработки подшипниковых деталей, придающая высокую твердость, упругость и повышающая сопротивление стали истиранию. Качество закалки зависит от исходной структуры металла, которая должна состоять из однородного мелкозернистого перлита. Хорошо и правильно закаленная деталь имеет мелкозернистую структуру из некрупного, совершенно однородного мартенсита. Технологические режимы закалки стали неодинаковы. Их подбирают в зависимости от конфигурации деталей, веса и размеров поперечных сечений. Для деталей простой формы, например роликов, которым неопасны остаточные деформации, допускают быстрое нагревание без предварительного подогрева. Детали боль-

шнх габарнтных размеров и сложной формы требуют во избежание коробления равномерного нагревания по всему сеченню. Для выравнивания температуры во всех точках следует нагревать деталн медленно, лучше в электрическнх печах.

Для деталей из стали марки ШХ15 оптимальная температура закалки лежит в пределах 850—870°С, а из сталн ШХ15СГ — 830—850°С. Во избежание появлення закалочных трещин крупные детали (с толщиной стенок более 15—20 *мм*) предпочтительнее охлаждать в мннеральном масле, температура которого 25—40°С. В табл. 32 прнведены технологическне режимы закалки роликовых колец якорных подшипников.

Таблица 32

Марка стали	Толщина стенки кольца в *мм*	Наружный диаметр кольца в *мм*	Температура нагревания в °С	Продолжительность нагревания в *мин*	Время выдержки при оптимальной температуре в *мин*	Охлаждающая среда
ШХ15	10—15	90—120	845—855	30—35	25—30	Мннеральное масло (веретенное № 3) при температуре 25—40°С
	16—20	100—200	850—860	35—40	30—35	
	21—25	200—250	855—865	40—45	30—35	

Прнменение в качестве охлаждающей жндкостн водно-содового раствора целесообразно прн закалке роликов диаметром более 35 *мм*, так как охлаждающая способность воды в 3—4 раза выше масла, скорость охлаждения ролнков больше и, следовательно, деталь прнобретает более высокую твердость (лучше закаливается). Добавление соды в воду способствует разрыву паровой пленки на охлаждаемой поверхности детали, что увелнчивает интенсивность охлаждения. Охлаждать детали после закалки непосредственно в проточной водопроводной воде не рекомендуется, так как эта вода насыщена газами, препятствующими получению равномерной твердости во всех точках детали (появляются «мягкие пятна»). Появление «пятнистой» закалки возможно также от неравномерного нагревания деталей. Во избежание появления трещин прн закалке водно-содовый раствор

подогревают до температуры 40—50°С. В процессе закалки больших партий деталей охлаждающая жидкость постепенно нагревается. Для поддержания температуры этой жидкости в допустимых пределах закалочные ванны снабжают специальными установками, состоящими из насоса и холодильника.

Самый опасный и неисправимый брак закалки — трещины. Закалочные трещины возникают вследствие больших внутренних напряжений, вызванных различными причинами. Наиболее часто закалочные трещины появляются в результате перегрева деталей и очень быстрого их охлаждения.

Трещины в большинстве случаев возникают там, где концентрируются внутренние напряжения: у галтелей, углов, выточек и т. д. В этих местах нередко образуются сквозные трещины, ведущие к откалыванию отдельных частей деталей. Нередко также возникают местные неглубокие трещины в виде мелких волосовин, располагающиеся главным образом вдоль токарных рисок. Возникновение этих трещин связано с недостаточно хорошей структурой металла перед закалкой, а также повышенной температурой нагрева изделий при закалке. Как уже отмечалось, наиболее благоприятная исходная структура хромоуглеродистой стали перед закалкой — мелкозернистый однородный перлит. Сталь такой структуры малочувствительна к перегревам при закалке и имеет меньшую склонность к образованию закалочных трещин.

Отпуск после закалки. Основное назначение отпуска — снятие внутренних напряжений в закаленных деталях и повышение их ударной вязкости. Для деталей роликовых подшипников, где необходима высокая твердость, применяют низкотемпературный отпуск при 160—170° С. Отпуск при этой температуре снижает твердость деталей всего только на 2—3 единицы по Роквеллу, но зато значительно повышает их ударную вязкость.

Время выдержки деталей при температуре отпуска 3—7 *ч* в зависимости от размеров их поперечного сечения. Чтобы гарантировать хорошее прогревание деталей, целесообразно использовать для отпуска жидкие среды: минеральное масло, растворы солей и др. Температуру в ваннах строго контролируют регистрирующими приборами. Технологические режимы отпуска де-

талей роликовых подшипников по данным завода 1ГПЗ приведены в табл. 33.

Кроме указанных в табл. 33 режимов, крупногабаритные кольца и ролики подвергают дополнительному

Таблица 33

Наименование деталей	Марка стали	Температура отпуска в °С	Время выдержки в *ч*	Температура повторного отпуска в °С	Время выдержки в *ч* при повторном отпуске
Кольца подшипников диаметром 70—180 *мм* .	ШХ15	160	2—2,5	—	—
Кольца подшипников диаметром более 180 *мм* .	ШХ15СГ	170—180	5—6	150—160	4—5
Ролики . . .	ШХ15, ШХ15СГ	150—160	3—4	—	—

отпуску после шлифования при температуре 150—160°С в течение 2—3 *ч*. Твердость деталей должна строго соответствовать чертежу.

XIII

СБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Отделение сборки тяговых двигателей. Тяговые двигатели собирают в отдельном пролете или части пролета электромашинного цеха. Производственную площадь пролета выбирают в зависимости от количества и размеров ремонтируемых электрических машин. Сборочный пролет обслуживает один или два мостовых крана грузоподъемностью 5—10 *Т*. Кроме того, пролет для сборки двигателей оснащают соответствующим технологическим оборудованием, приспособлениями, а рабочие места — инструментом. Этот пролет разделяют на ряд производственных участков, каждый из которых предназначен для выполнения определенной технологической операции по сборке электрических машин. Производственные участки располагают в строгой технологической последовательности, обеспечивающей поточность сборки тяговых двигателей, предусматривая тесную производственную взаимосвязь участков между собой и обеспечивая минимальное количество транспортных работ.

На производственных участках сборочного пролета выполняют следующие технологические операции: окраску остова и его деталей, комплектование полюсов и сборку магнитной системы, соединение электрической цепи остова и изолирование зажимов катушек, комплектование роликовых подшипников и сборку подшипниковых узлов, сборку якоря с остовом, монтаж узла кронштейнов и щеткодержателей, контрольные испытания электрических машин, отделку машин и сдачу их на технический контроль и др.

Некоторые заводы по ремонту электроподвижного состава и тепловозов МПС начали внедрять конвейерно-поточные линии для комплексной механизации сборки тяговых двигателей. Эти линии охватывают весь технологический процесс сборки электрических машин,

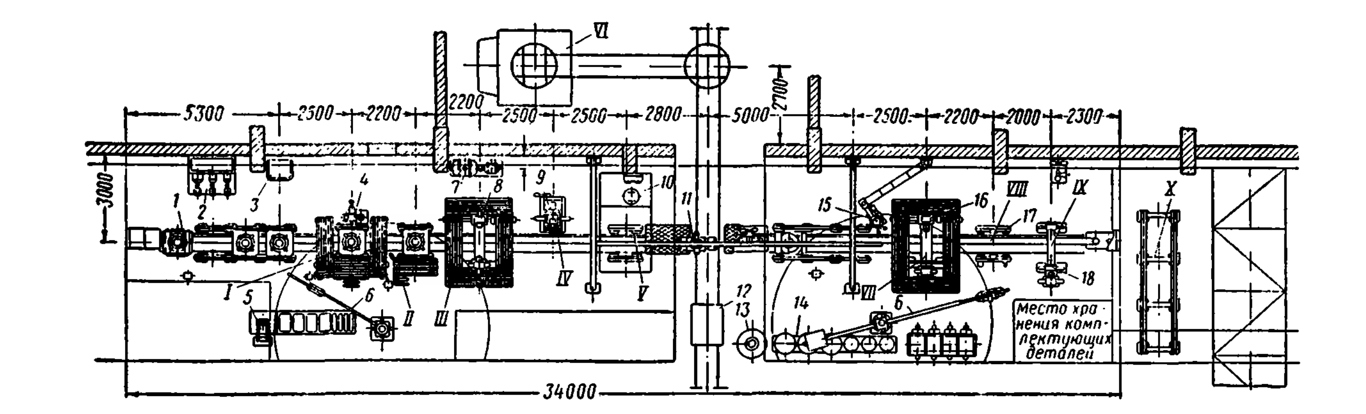


Рис. 172. Схема поточно-конвейерной линии для сборки тяговых двигателей типа ЭДТ-200.

Рабочие позиции конвейера:

I — монтаж главных и добавочных полюсов в остове; II, III — сборка межкатушечных соединений и выводов со стороны большой и малой горловин остова; IV — нагрев катушек и затяжка полюсных болтов; V — проверка электрической прочности изоляции; VI — окраска магнитной системы остова; VII — сборка якоря с остовом; VIII — проверка осевого разбега якоря; IX — монтаж щеткодержателей и угольных щеток; X — проверка качества сборки двигателя и подготовка его к контрольным испытаниям.

Основное оборудование:

1 — транспортирующая тележка; 2 — насосная станция; 3 — шкаф управления; 4 — гидромеханический гайковерт; 5 — гидропресс для запрессовки сердечников полюсов в катушки; 6 — кран-балка; 7 — многоамперный агрегат; 8 — кантователь гидравлический. 9 — кантователь с гайковертом; 10 — высоковольтная установка; 11 — монорельс; 12 — самоходная тележка; 13 — гидропресс для запрессовки подшипников в щиты; 14 — рольганг для щитов; 15 — укосина с гайковертом; 16 — кантователь; 17 — стенд; 18 — кантователь

начиная от монтажа магнитной системы остова и кончая окраской готового двигателя. На рис. 172 показана схема поточно-конвейерной линии, разработанной ПКБ ЦТВР для сборки тяговых двигателей типа ЭДТ-200, состоящая из ряда рабочих позиций, на которых выполняют отдельные технологические операции. Позиции конвейера связаны между собой единой транспортной системой, предназначенной для передачи тягового двигателя с одного рабочего места на другое. Каждая рабочая позиция конвейерной линии оснащена современным технологическим оборудованием, приспособлениями, комплектом инструмента, специальными стеллажами и верстаками для хранения деталей и метизов. Ритм движения остова по позициям — 45 *мин*, производительность конвейера в год — 5500 двигателей, привод конвейера — гидравлический, обслуживающий персонал — 12 чел.

60. СБОРКА МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ОСТОВА

Подготовка остова. Перед сборкой магнитной системы механическую обработку и слесарный ремонт остова полностью заканчивают, так как во избежание повреждения изоляции полюсных катушек после их установки в остов категорически запрещено выполнять работы, связанные с выделением тепла или снятием стружки (сварочные, расточные, строгальные и др.). До монтажа полюсных катушек внутреннюю часть остова окрашивают черным лаком БТ-99 и серой эмалью ГФ-92-ХС. Для этого на тележке его транспортируют в специальную покрасочную камеру, оборудованную приточно-вытяжной вентиляцией. Окрашивают остов пульверизатором в два слоя, причем второй слой лака наносят после полного высыхания первого.

Дефекты, которые могут вызвать повреждение изоляции катушек, выявляют, тщательно осматривая остов перед окраской. Обнаруженные заусенцы и забоины зачищают пневматическим шлифовальным кругом, а металлическую стружку, пыль и другие предметы удаляют, продувая остов сжатым воздухом. Контактные поверхности для крепления главных полюсов не окрашивают, а в случае необходимости зачищают до металли-

ческого блеска. Ржавчину удаляют металлической щеткой и крупнозернистой наждачной бумагой, наплывы лака счищают и смывают растворителями.

Детали и узлы, необходимые для монтажа полюсов в остове: сердечники главных и дополнительных полюсов, катушки, выводные кабели, фланцы, прокладки, крепежные и другие детали — поступают на комплектовочный участок из цеховой кладовой полуфабрикатов, где их хранят после ремонта или изготовления. Все эти детали должны строго соответствовать техническим условиям и чертежам, а также быть соответственно взаимозаменяемыми. На остове должен быть отчетливо выбит его заводской номер и сделана светлой краской надпись, указывающая объем выполненного ремонта. На катушках главных и дополнительных полюсов также должны быть указаны вид их ремонта и порядковые номера, соответствующие положению данной катушки в электрической цепи остова.

Перед сборкой полюсного узла комплект катушек при помощи электротали укладывают на стол гидравлического пресса. Затем к выводам катушек присоеди-

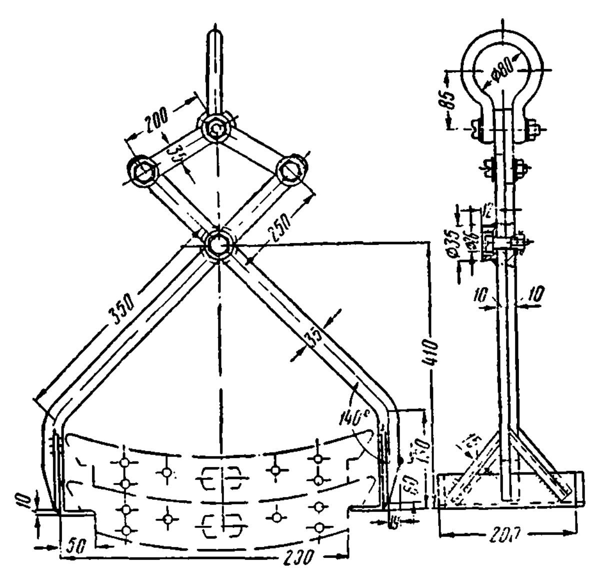


Рис. 173. Приспособление для транспортирования сердечников полюсов и катушек

няют провода многоамперного агрегата мощностью 30—40 *квт* и, пропуская ток, нагревают их 15—20 *мин* до температуры 60—70°С, при которой изоляция становится эластичной.

В отверстия нагретых полюсных катушек вставляют пружинные металлические фланцы, а в главные катушки тягового двигателя НБ-406 между фланцем и катушкой дополнительно вставляют каркас, изготовленный из листовой стали толщиной 0,5 *мм*. Все детали, монтируемые в полюсные катушки, не должны иметь острых кромок, заусенцев, вмятин, забоин и других дефектов, которые могут вызвать повреждения изоляции. Затем электроталью транспортируют сердечники главных и дополнительных полюсов и опускают их поочередно на фланцы катушек, устанавливая против отверстий. Сердечники главных полюсов тяговых двигателей поднимают специальным приспособлением (рис. 173), обеспечивающим транспортировку четырех сердечников одновременно. Сердечники дополнительных полюсов перевозят в том же приспособлении, но по одной штуке. Далее включают гидравлический пресс, перемещают его вдоль стола и штоком пресса поочередно запрессовывают сердечники в катушки полюсов (рис. 174), не допуская их перекосов.

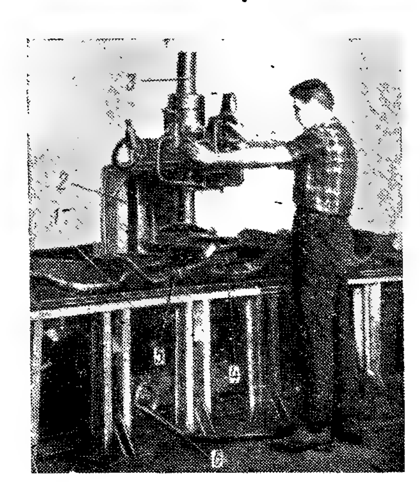


Рис. 174. Запрессовка сердечников полюсов в катушки тяговых двигателей

Стенд для запрессовки сердечников полюсов состоит из самоходной тележки *6* (см. рис. 174) с гидравлическим приводом, станины пресса *2* с гидроцилиндром *3*, рабочего стола *1* длиной 6—7 *м* и аппаратов управления. Тележку *6* передвигают гидравлическим двигателем типа НГ16-13, работающим от

насосной станции, смонтированной на раме тележки. При максимальном давлении масла в гидросистеме, равном 64 *кГ/см*², усилие пресса равно 8 *Т*. Скорость движения тележки пресса по рельсам 8 *м/мин*.

Сердечник полюса *4* должен входить в катушку *5* без чрезмерного усилия, но и слишком слабая посадка (когда полюс свободно проваливается в отверстие катушки) недопустима. Посадка сердечника в катушке полюса должна быть плотной, без качания и зазоров. Если фланец или сердечник полюса слишком свободно входит в катушку, то для получения необходимой плотности устанавливают дополнительные прессшпановые прокладки между фланцем и изоляцией катушки толщиной 0,2—0,3 *мм*, которые вырезают по форме и размерам фланца и предварительно пропитывают в горячем парафине или льняном масле. В процессе сборки полюсов следят за состоянием изоляции катушек, чтобы при запрессовке сердечников она не утягивалась, не собиралась в складки, не задиралась и не прорезывалась фланцами, так как это может привести к пробою изоляции катушек в собранном остове или двигателе.

По существующей технологии полюсы в остов монтируют краном или электроталью, предварительно установив остов в вертикальное положение (большой горловиной вверх). Остовы вспомогательных машин НБ-430, НБ-431, НБ-404, ДК-601, ДК-604 и др. для удобства монтажа полюсов ставят на круглые поворотные приспособления высотой 300—400 *мм*.

Специальными захватывающими приспособлениями главный или дополнительный полюс тягового двигателя поднимают кран-балкой, вводят в остов и опускают до соответствующего прилива под полюс; при этом между катушками главных полюсов и приливом остова закладывают стальные прокладки, а между сердечниками дополнительных полюсов и остовом ставят диамагнитные прокладки. Затем через отверстия в остове пропускают крепежные болты, которыми прихватывают сердечники полюсов. Окончательно полюсные болты завертывают на специальном стенде гайковертом (рис. 175).

На заводе РЭЗ в остов тягового двигателя типа УРТ-110А вводят и затем монтируют одновременно два главных или четыре дополнительных полюса при помощи специального приспособления, шарнирно-рычажная

система которого прижимает к приливам остова полюсы под действием сил их собственного веса. Такое приспособление очень просто в изготовлении, удобно в работе; его целесообразно применять для монтажа полюсов в остовы моторвагонных тяговых двигателей.

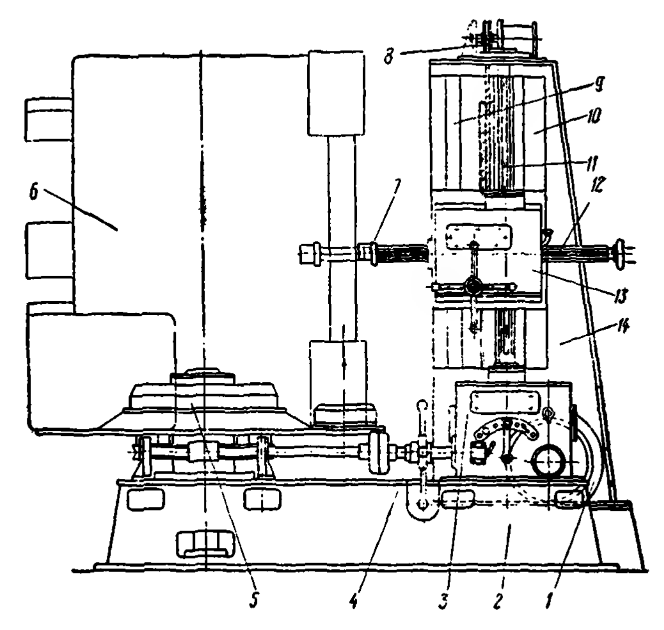


Рис. 175. Стенд с электромеханическим гайковертом для крепления полюсных болтов в остовах тяговых двигателей:

1 — электродвигатель; 2 — станина; 3 — коробка передач; 4 — механизм поворота стола; 5 — сменные кольца для фиксирования остова; 6 — остов; 7 — гайковерт; 8 — механизм подъема каретки; 9, 10 — направляющие; 11, 12 — шлицевые валы; 13 — каретка; 14 — стойка

Для тяговых двигателей электровозов, тепловозов и электропоездов (за исключением шестиполюсных двигателей, например НБ-412М) порядок нумерации полюсных катушек в остове одинаков. Если смотреть на остов двигателя со стороны коллектора, то нумерация катушек и полюсов идет по часовой стрелке, начиная от правого верхнего дополнительного полюса *№ 1*. Катушка главного полюса, расположенная против моторно-осевой горловины, имеет *№ 2*, правая нижняя катушка дополнительного полюса — *№ 3* и т. д. У тягового двигате-

ля НБ-412М отсчет нумерации полюсных катушек ведут также по часовой стрелке, начиная от верхнего дополнительного полюса, имеющего порядковый номер *1*. На рис. 176 показана нумерация полюсов тягового двигателя НБ-412М.

Очередность монтажа полюсных катушек в остовах тяговых двигателей различных типов одинакова: сначала устанавливают и закрепляют главные полюсы (*№ 2, 4, 6* и *8*), затем дополнительные (*№ 1, 3, 5* и *7*). Для тяговых двигателей ДК-103Г иногда применяют другую

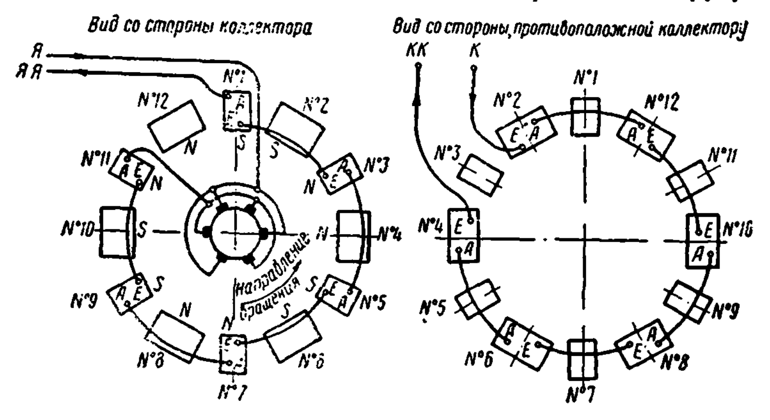


Рис. 176. Нумерация и схемы соединения полюсных катушек тягового двигателя НБ-412М:

№ 1, 3, 5, 7, 9, 11 — дополнительные полюсы; № 2, 4, 6, 8, 10, 12 — главные полюсы

очередность монтажа полюсов в остов. Сначала крепят дополнительный полюс, катушка которого имеет длинный выводной кабель, затем катушки *№ 2* и *8* главных полюсов, также с выводными кабелями, после чего монтируют остальные полюсы *№ 3, 4, 5, 6* и *7*.

Полюсы в остове монтируют два слесаря-сборщика: один из них кран-балкой транспортирует и устанавливает полюсы, а другой закрепляет их в остове. При монтаже полюсов особое внимание обращают на габаритные размеры катушек главных и дополнительных полюсов, измеряя их ширину специальным шаблоном. Если катушки имеют завышенные размеры, то их отправляют в катушечное отделение для повторной опрессовки, так как установка катушек с такими размерами может вызвать повреждение их изоляции во время монтажа.

Монтаж полюсов на гидравлическом манипуляторе. Остов тягового двигателя перемещают самоходной тележкой сборочного конвейера к гидравлическому манипулятору *16* (рис. 177) и поднимают столом тележки

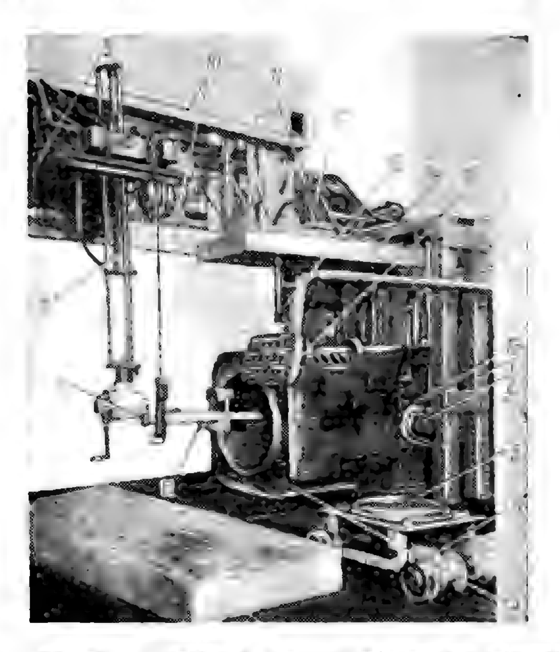


Рис. 177 Общий вид рабочей позиции сборочного конвейера с комплексной механизацией монтажа магнитной системы остовов тяговых двигателей НБ-406 и НБ-411:

1 — рама; 2 — гидроцилиндр манипулятора; 3 — подъемный стол тележки; 4 — транспортирующая тележка с гидроприводом; 5 — остов двигателя, закрепленный в патроне манипулятора; 6 — «механическая рука»; 7 — механизм поворота «механической руки» в горизонтальной и вертикальной плоскостях; 8 — гидроцилиндр подъема «механической руки»; 9 — настенная самоходная тележка; 10 — рельсы; 11 — гидродвигатель гайковерта; 12 — каретка-редуктор; 13 — ключ гайковерта; 14 — передвижная рама; 15 — пульт управления; 16 — манипулятор

так, чтобы ось якорных горловин остова совместилась с осью патрона манипулятора. После этого перемещают манипулятор в сторону остова, вводят три кулачка патрона в его малую горловину со стороны коллектора и, разжимая кулачки, закрепляют остов в горизонтальном положении, как показано на рис. 177. После закрепления остова *5* в патроне опускают стол *3* тележки

4 и выкатывают ее к следующей рабочей позиции. Движение тележки по рельсам осуществляют от гидравлического двигателя и редуктора; подъем и опускание стола тележки — при помощи гидравлического цилиндра. Скорость перемещения тележки 10—12 *м/мин*, максимальная величина подъема ее стола от нижнего крайнего положения до верхнего 180 *мм*, грузоподъемность тележки 7,5 *Т*.

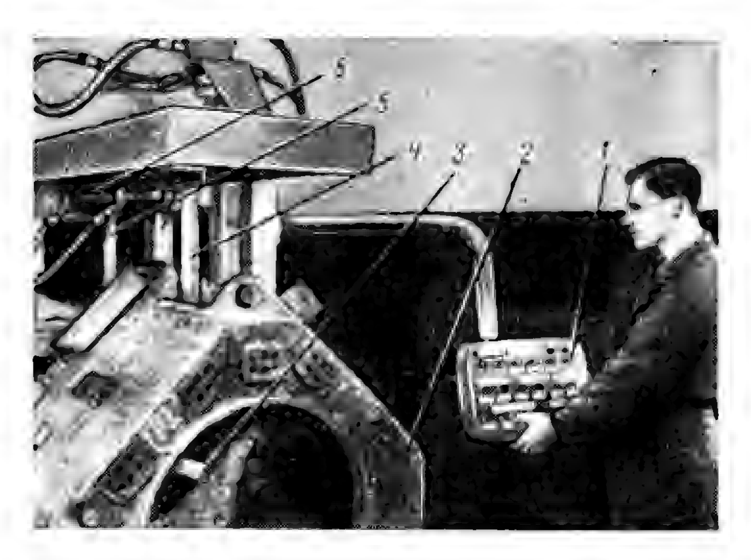


Рис. 178. Крепление полюсных болтов гидравлическим гайковертом:
1 — пульт управления; 2 — остов; 3 — кулачки патрона для крепления остова в манипуляторе; 4 — гайковерт; 5, 6 — механизмы для перемещения гайковерта в вертикальной и горизонтальной плоскостях

Сборку магнитной системы остова начинают с монтажа главных полюсов. Для этого специальное приспособление «механическая рука» 6 опускают на полюс с катушкой, закрепляют полюс в этом приспособлении, поднимают его со стола гидравлического пресса, перевертывают в вертикальной плоскости на 180° и вводят внутрь остова через большую горловину. После этого гидравлическим цилиндром 8 «механической руки» поднимают полюс к соответствующему приливу остова, совмещают резьбовые отверстия полюса с отверстиями остова, пропускают сверху крепежные болты и заворачивают их гидравлическим гайковертом 4 (рис. 178). По-

очередно выполняя операции, сначала устанавливают в остов главные полюсы, затем дополнительные. При монтаже полюсов остов вращают манипулятором *16* (см. рис. 177), а «механической рукой» *6* поднимают, перекантовывают, транспортируют и устанавливают полюсы в остов.

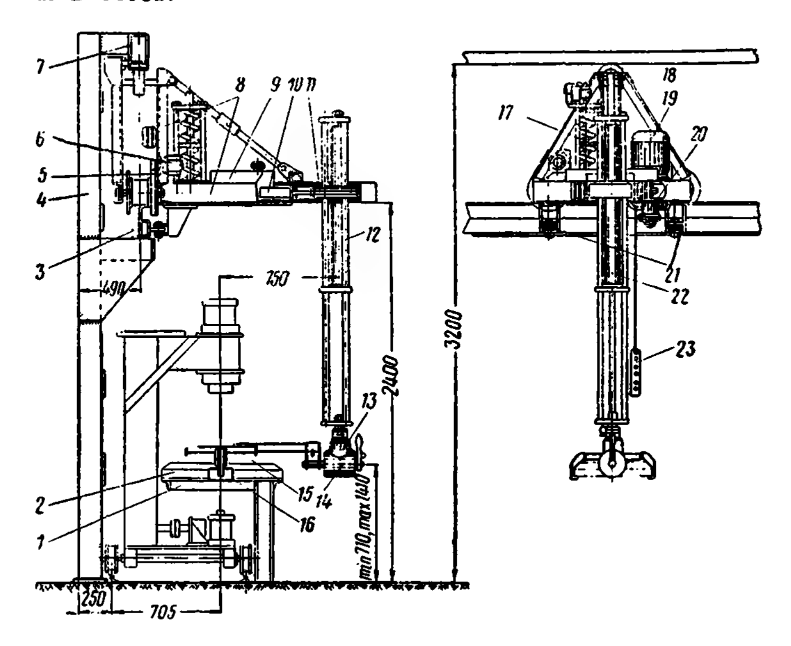


Рис. 179. Приспособление «механическая рука» для монтажа полюсов в остове тягового двигателя и стенд для запрессовки сердечников полюсов в катушки:

1 — стенд; 2 — полюс; 3 — нижний рельс; 4 — колонна; 5 — редуктор; 6 — гидравлический двигатель перемещения «механической руки» по рельсам; 7 — верхний рельс; 8 — тележка; 9 — бак; 10 — гидравлический цилиндр перемещения каретки; 11 — каретка; 12 — колонки направляющие; 13 — механизм поворота полюса в горизонтальной плоскости; 14 — механизм поворота полюса в вертикальной плоскости; 15 — «механическая рука»; 16— держатель полюса; 17 — гидроаккумулятор; 18, 21 — катки; 19 — электродвигатель; 20 — гидронасос; 22 — гидравлический цилиндр подъема полюса; 23 — панель управления

На рис. 179 показан стенд для запрессовки сердечников полюсов в катушки и приспособление «механическая рука» настенного типа, изготовленное на заводе МЭМРЗ. Приспособление состоит из консольной тележки *8*, двух гидравлических цилиндров *10* и *22*, «механической руки» *15* для крепления и перекантовки полю-

са *2*, гидравлического двигателя *6*, насосной станции и аппаратов управления. Эти агрегаты смонтированы на жесткой сварной раме-тележке, перемещающейся по двум рельсам *3* и *7*, расположенным в вертикальной плоскости. У тележки «механической руки» три пары катков, две из них *21* соединены через редуктор *5* с гид-

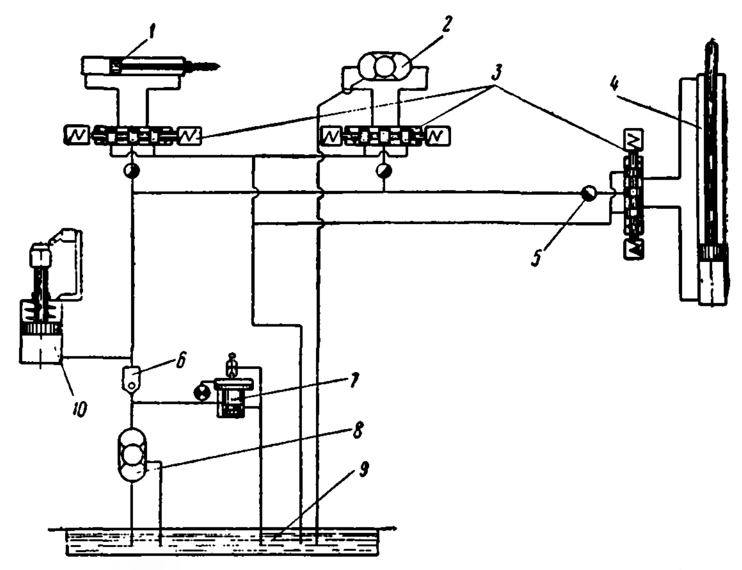


Рис. 180. Принципиальная гидравлическая схема приспособления «механическая рука»:

1 — цилиндр перемещения; 2 — гидравлический двигатель МГ16-13; 3 — гидрозолотники с электрическим управлением 4Г73-13; 4 — цилиндр подъема; 5 — дроссель Г77-14; 6 — обратный клапан Г51-22; 7 — предохранительный клапан Г52-12; 8 — насос Г12-12; 9 — масляный бак; 10 — гидроаккумулятор НГ-0,09

родвигателем *6* и обеспечивают передвижение тележки по рельсам, а остальные выполняют роль опорных катков, необходимых для устойчивости «механической руки» при работе. Для подъема и опускания полюса приспособление «механическая рука» имеет гидравлический цилиндр *22* диаметром 65 *мм* и ходом поршня 700 *мм*. Для перемещения полюса в горизонтальной плоскости в направлении, перпендикулярном оси остова двигателя, используют другой гидравлический цилиндр *10* с ходом штока 250 *мм*.

На рис. 180 приведена принципиальная гидравлическая схема приспособления «механическая рука».

61. СБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ КАТУШЕК

Соединение зажимов катушек. После сборки магнитной системы в остове соединяют электрические цепи катушек главных и дополнительных полюсов. Для этого наконечники выводных концов катушек стягивают между собой болтами. Катушки главных полюсов тяговых двигателей соединяют между собой в одну последовательную цепь, а катушки дополнительных полюсов — в другую. Для этого транспортирующей тележкой остов с катушками передают на специальную рабочую позицию сборочного конвейера и закрепляют стороной коллектора в патроне манипулятора. Перед сборкой электрической цепи катушек измеряют расстояние между противоположными главными и дополнительными полюсами. Эти расстояния, измеряемые штихмасом с каждой стороны полюса между диаметрально противоположными точками, должны соответствовать нормам допусков. Периодически поворачивая манипулятором остов, сначала соединяют зажимы выводов катушек главных полюсов, находящиеся со стороны, противоположной коллектору. После этого пропускают через специальные отверстия выводные кабели внутрь остова и соединяют их согласно схеме (см. рис. 176) с соответствующими зажимами катушек. Катушки дополнительных полюсов также соединяют согласно схеме, причем наконечник кабеля одной катушки оставляют свободным и впоследствии соединяют его с кронштейном щеткодержателя, а наконечник другой катушки соединяют с кабелем, выходящим наружу остова и маркированным буквами ЯЯ.

У вспомогательных машин, работающих без реверсирования и регулирования возбуждения, например НБ-430 и НБ-431 (рис. 181), катушки главных и дополнительных полюсов соединяют между собой в одну последовательную цепь.

При сборке межкатушечных соединений обращают особое внимание на состояние зажимов и особенно их контактных поверхностей. Наконечники выводов должны быть чистыми, гладкими, без заусенцев и искривлений. Поверхность каждого зажима должна быть покрыта ровным, сплошным слоем полуды, без наплывов и

капель припоя. Крепежные детали (болты, специальные гайки, лепестковые шайбы) должны быть хорошо оцинкованы. При сборке зажимы плотно стягивают между собой болтами. Выполнение этих требований обеспечивает хороший контакт между соединительными нако-

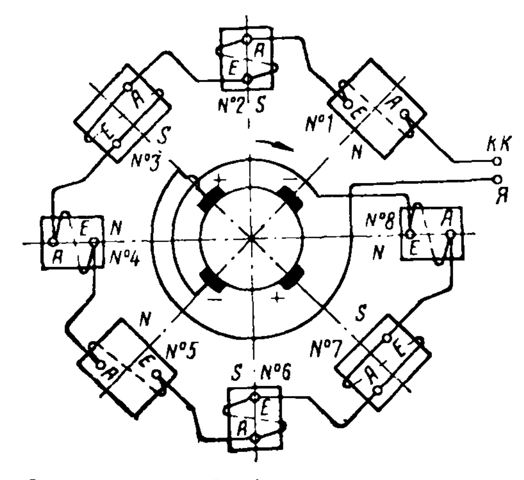


Рис. 181. Схема соединений обмоток полюсных катушек двигателя компрессора НБ-431:

1, 3, 5, 7 — главные полюсы; 2, 4, 6, 8 — дополнительные полюсы; А — начало обмотки катушки; Е — конец обмотки катушки; Я — начало обмотки якоря; КК — конец последовательно соединенных обмоток двигателя

нечниками, что исключает местный перегрев их в эксплуатации и возможность обрыва электрической цепи тягового двигателя из-за перегорания соединительных зажимов.

Изолирование соединительных зажимов катушек. Соединение и изолирование выводных зажимов полюсных катушек тягового двигателя НБ-412М показаны на рис. 182. С концов обоих кабелей на длине 30—35 *мм* от зажима снимают хлопчатобумажную оплетку. Место соединения наконечников выравнивают электроизоляционной замазкой и плотно изолируют одним слоем в полуперекрышу тафтяной лентой толщиной 0,25 и шириной 30 *мм*. Затем соединение изолируют пятью слоями в полуперекрышу стеклянной лакотканью в виде полоски шириной также 30 *мм*. Каждый слой изоляции, наложенный на межкатушечное соединение, промазывают

клеящим лаком 426К. Лакоткань закрепляют двумя слоями тафтяной ленты, пропитанной тем же лаком. Концы тафтяной ленты, выполняющей роль защитного чехла прошивают суровыми нитками.

Очень хорошая изоляция для зажимов межкатушечных соединений — липкая эскапоновая лента марки ЛСЭ-Л, обладающая высокой электрической прочностью. Липкий компаунд, нанесенный на поверхность ленты, прочно склеивает ее слои, создавая монолитную и герметичную изоляцию.

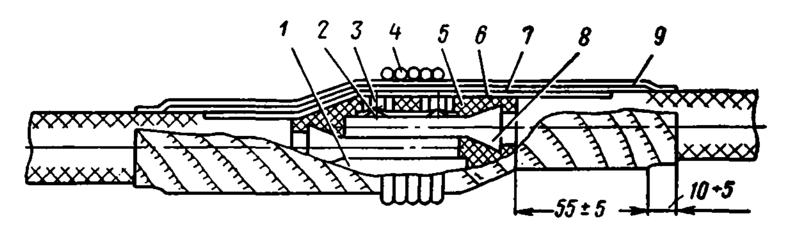


Рис. 182. Соединение и изолирование выводных зажимов полюсных катушек тягового двигателя НБ-412М:

1 — планка с резьбовыми отверстиями; 2 — шайба предохранительная; 3 — болт; 4 — бандаж из крученого шнура Ф =2 мм; 5 — замазка электроизоляционная; 6 — стеклолента толщиной 0,2 мм (один слой в полуперекрышу); 7 — липкая стеклоэскапоновая лента толщиной 0,17 мм (пять слоев в полуперекрышку); 8 — зажим катушки; 9 — лента смоляная толщиной 0,5 мм (три слоя в полуперекрышу)

По окончании изолирования выводных зажимов катушек кабели и перемычки прикрепляют к остову. Для этого к остову приваривают скобочки, к которым и привязывают кабель крученым шнуром. При этом для повышения электрической прочности изоляции кабеля его предварительно обертывают тремя слоями электротехнического картона толщиной 0,3 *мм* или листовой резиной толщиной 1,5 *мм*. Провода, соединяющие между собой кронштейны одинаковой полярности, в тяговых двигателях НБ-411 и НБ-406 крепят к торцовой стенке остова специальными скобами (рис. 183). Выводные кабели изолируют от остова резиновыми втулками (рис. 184), которые прижимают к остову зажимными коробками.

После окончательной сборки магнитной системы остова и электрической цепи катушек проводят контрольные испытания: проверяют полярность главных и допол-

нительных полюсов (у диаметрально противоположных друг другу полюсов полярность должна быть одинаковой) и измеряют сопротивления обмоток катушек.

После этого катушки нагревают электрическим током до температуры 100—110°C, измеряют мегомметром сопротивление изоляции и высоким напряжением

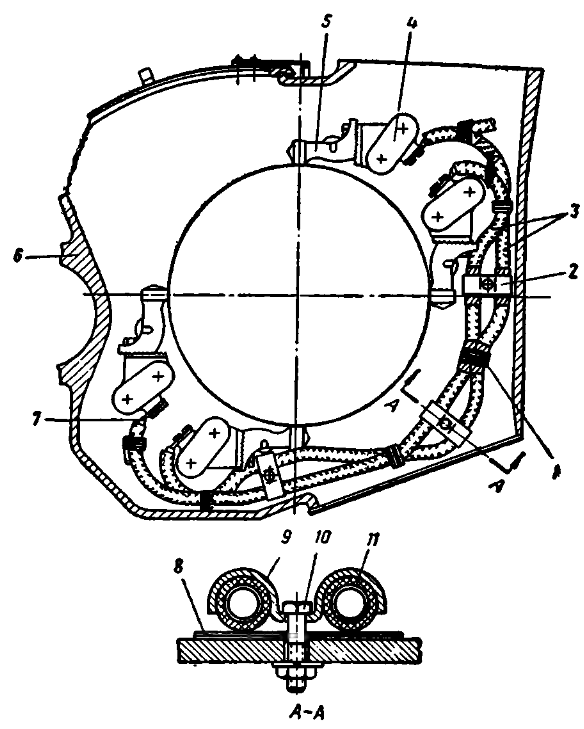


Рис. 1.83. Монтаж проводов и кронштейнов щеткодержателей в остове тягового двигателя НБ-406:

1 — бандаж из крученого шнура; 2 — скоба прижимная; 3 — провода; 4 — кронштейн; 5 — щеткодержатель; 6 — остов; 7 — зажим провода; 8 — прокладка из электрокартона; 9 — скоба; 10 — болт; 11 — изоляция из электрокартона

испытывают ее электрическую прочность. По окончании испытаний остов тягового двигателя транспортируют в покрасочную камеру и внутреннюю часть его вместе с катушками и межкатушечными соединениями покрывают серой эмалью воздушной сушки марки ГФ-92-ХС. Сердечники полюсов и фланцы катушек красят лаком

БТ-99. Остов красят пульверизатором в два слоя, причем второй слой наносят после полного высыхания первого.

Монтаж кронштейнов щеткодержателей. Крепление кронштейнов щеткодержателей у машин различных типов выполнено разными способами. На тяговых двигателях типов ДК-103Г, ДК-106, НБ-406Б и др. кронштейны щеткодержателей крепят непосредственно к торцовой части остова со стороны коллектора, где предусмот-

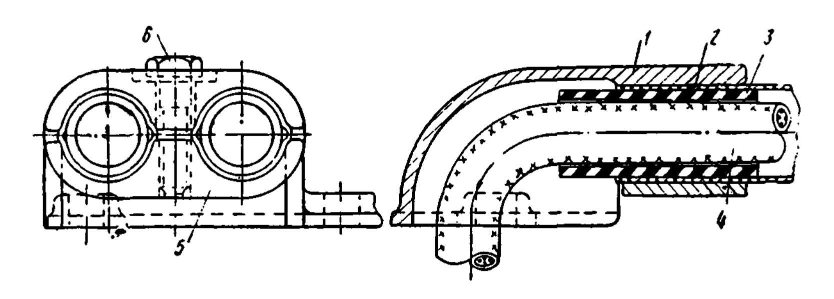


Рис. 184. Крепление выводных кабелей к остову тягового двигателя НБ-412М:

1 — коробка выводов; 2 — чехол брезентовый; 3 — втулка резиновая; 4 — кабель; 5 — накладка коробки; 6 — болт

рены специальные приливы с отверстиями. На тяговом двигателе НБ-412М и большинстве вспомогательных машин кронштейны монтируют на специальные траверсы (рис. 185), которые укрепляют на подшипниковом щите или остове. Например, у генератора ДК-405 и двигателя компрессора ДК-406 траверсу крепят к остову, а у электродвигателей НБ-430А, НБ-404А и преобразователя НБ-429А (со стороны двигателя) — непосредственно на подшипниковые щиты.

Кронштейны тяговых двигателей, не имеющих траверсного крепления, устанавливают на остов только после окончательного монтажа полюсных катушек, а кронштейны двигателя НБ-412М и вспомогательных машин монтируют на траверсы как до монтажа катушек, так и после него.

После заводского ремонта диаметры коллекторов у электрических машин одного и того же типа неодинаковы и зависят от степени их износа в эксплуатации.

Согласно Правилам ремонта эта величина колеблется в широких пределах. Так, например, диаметр коллектора тягового двигателя НБ-406 при выпуске из ремонта второго объема может иметь размер по рабочей поверхности от 537 до 567 *мм*, НБ-412 — от 635 до 662 *мм*, ДК-106Б — от 436 до 460 *мм* и т. д. В то же время расстояние от корпуса щеткодержателя до рабочей поверхности коллектора в собранном двигателе должно быть равным 3—6 *мм*. Поэтому кронштейны в остов

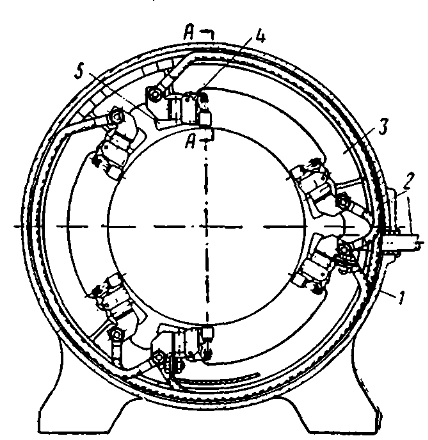


Рис. 185. Установка щеткодержателей на траверсе преобразователя НБ-429А (сторона генератора):

1 — остов; 2 — кабели; 3 — траверса; 4 — щеткодержатель; 5 — накладка траверсы.

машины устанавливают без щеткодержателей, так как иначе трудно обеспечить необходимый зазор между корпусом щеткодержателя и коллектором.

У тягового двигателя НБ-412М кронштейны вместе со щеткодержателями монтируют на траверсу, установив предварительно ее на специальное приспособление со сменным барабаном. На этом же приспособлении; вращая барабан, притирают угольные щетки.

В качестве примера рассмотрим монтаж кронштейнов щеткодержателей на остове тягового двигателя НБ-411. Кронштейны устанавливают при горизонтальном положении остова, периодически вращая его на кантователе. Внутри остова каждый кронштейн щеткодержателя закрепляют двумя болтами с пружинными шайбами. Затем диаметрально противоположные кронштейны одинаковой полярности соединяют между собой проводами, наконечники которых крепят к кронштейну болтами М10. Под головки болтов предварительно под-

кладывают предохранительные лепестковые шайбы. К верхнему кронштейну присоединяют выводной кабель, маркированный буквой Я, сечением 83 *мм*^{2} и длиной 2050 *мм.* К правому боковому кронштейну присоединяют наконечник кабеля пятой катушки дополнительного полюса. После установки кронштейнов их изоляторы протирают бензином. Готовый остов направляют на дальнейшую сборку с якорем.

62. СБОРКА ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Монтаж вентилятора на якоре. Электровозные и тепловозные тяговые двигатели имеют независимую вентиляцию, т. е. получают охлаждающий воздух от специальных вентиляторов. Тяговые двигатели электропоездов и вспомогательные машины имеют самовентиляцию.

На вспомогательных машинах ДК-601, ДК-403, НБ-430 и др. вентиляторы смонтированы непосредственно на валу якоря. На тяговых двигателях электропоездов (ДК-103, ДПИ-150) вентиляторы укреплены на задней нажимной шайбе горячей посадкой и болтовыми соединениями или приварены к ней. Болтовое крепление вентиляторов ненадежно и приводит к частым их разрушениям в процессе эксплуатации. В таких случаях сначала происходит ослабление посадки вентилятора на шайбе якоря, затем разрушаются крепящие болты, что нередко приводит к тяжелым повреждениям обмотки и полюсных катушек машины.

Для тягового двигателя ДК-103 разработана и внедрена конструкция приварного штампованного вентилятора, лопатки которого штампуют из листовой стали толщиной 5 *мм*, а затем электродуговой сваркой приваривают к вентиляционным перегородкам задней нажимной шайбы якоря. Диск вентилятора вырезают из листовой стали той же толщины, затем обрабатывают на токарном станке и приваривают к лопаткам вентилятора и задней нажимной шайбе. После окончательной приварки вентилятор протачивают на станке по наружному диаметру.

При изготовлении новых якорей ДК-103Г завод МЭМРЗ устанавливает вентиляторы, отлитые совместно

с задней нажимной шайбой якоря (рис. 186). Такие вентиляторы достаточно прочны и надежны в работе, поэтому в более новых тяговых двигателях ДК-106 и УРТ-110 их изготавливают только в таком конструктивном исполнении. В некоторых электродепо при ремонте двигателей продолжают монтировать силуминовые вентиляторы. В этом случае отлитый вентилятор предварительно обрабатывают на токарном станке по посадочной поверхности, торцу, прилегающему к нажимной

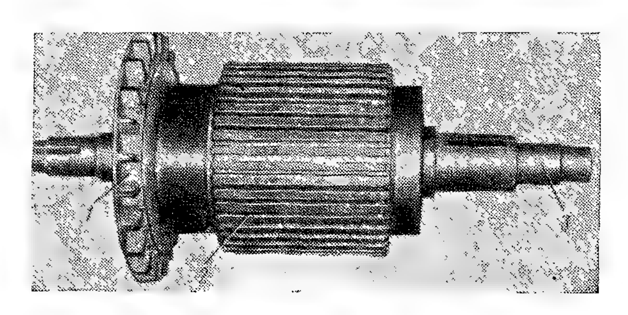


Рис. 186. Сердечник якоря тягового двигателя ДК-103Г с вентилятором, отлитым совместно с нажимной шайбой:

1 — вентилятор литой; 2 — пакет стали сердечника; 3 — вал якоря

шайбе, и внешней стороне. Подрезать лопатки вентилятора при обработке категорически запрещено. Внутреннюю посадочную поверхность протачивают по месту индивидуально для каждого якоря, обеспечивая натяг 0,21—0,26 *мм*. Затем вентилятор сверлят по кондуктору и статически балансируют. После этого его нагревают на специальном трансформаторе до температуры 130—140°С, затем устанавливают на посадочную поверхность нажимной шайбы якоря и закрепляют болтами с подложенными под них предохранительными лепестковыми шайбами. Вентиляторы вспомогательных машин ДК-601, ДК-604 и др. устанавливают на вал якоря после сборки остова с якорем и закрывают специальными кожухами.

Монтаж колец роликовых подшипников. Роликовые кольца укрепляют на валу якоря горячей посадкой с натягом между внутренним диаметром кольца и наружным диаметром соответствующей шейки вала в пределах от 0,023 до 0,065 *мм* (в зависимости от типа подшипника). Для этого к каждому якорю перед его сборкой с

остовом подбирают по размерам соответствующие роликовые подшипники. Внутренние диаметры роликовых колец измеряют индикаторным нутромером (рис. 187), а диаметры шеек вала — индикаторной скобой. Эти инструменты обеспечивают измерение диаметров с точностью до 2 *мк*, что вполне достаточно для определения величины заданного натяга. При втором заводском ремонте тяговых двигателей монтируют кольца только новых роликовых подшипников, а при первом — устанавливают как новые, так и отремонтированные. Монтируя новые роликовые подшипники, строго соблюдают их комплектность, т. е. внутренние и наружные кольца каждого подшипника должны иметь один и тот же номер завода-изготовителя.

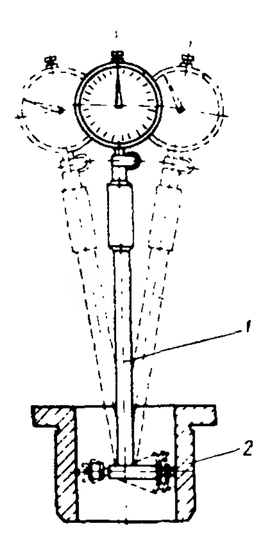


Рис. 187. Измерение внутреннего диаметра кольца роликового подшипника индикаторным нутромером:

1 — нутромер; 2 — кольцо

При любом заводском ремонте вспомогательных машин шариковые подшипники не ремонтируют, а заменяют новыми.

Перед монтажом подшипники распаковывают и помещают в ванну со смесью из чистого бензина марки Б-70 и минерального масла (8—10% по объему), где тщательно смывают с них антикоррозионную смазку. Затем роликовые кольца нагревают до температуры 110—130°С и устанавливают на шейки вала якоря. Далее чистый и сухой подшипник устанавливают на роликовое кольцо якоря и набором щупов измеряют радиальный зазор между внутренним кольцом подшипника и нижним роликом.

Нанесение эластомера ГЭН-150 (В) на роликовые кольца. В процессе эксплуатации детали подшипниковых узлов электрических машин подвижного состава изменяют диаметры своих посадочных поверхностей, что приводит к уменьшению или потере натяга. Исследования, проведенные в ЦНИИ МПС, показали, что изменение размеров подшипниковых колец происходит

из-за распада избыточного количества остаточного аустенита в закаленной подшипниковой стали. Причины этого процесса — нарушение технологии термообработки деталей роликовых подшипников, а также несовершенство контроля количества остаточного аустенита в кольцах при их изготовлении. Другая причина потери натяга — уменьшение номинального размера посадочной поверхности вала вследствие износа и дополнительной механической обработки ее (смятие неровностей посадочной поверхности вала, образование забоин и задиров при демонтаже роликовых колец, дополнительная шлифовка шеек вала и т. д.). Кроме того, износ посадочных поверхностей шеек и колец происходит из-за фретингкоррозии (контактной коррозии), возникающей на их сопряженных поверхностях вследствие высоких удельных нагрузок и вибраций. Устранение на ремонтируемом валу дефектов и продуктов фретингкоррозии уменьшает диаметры его посадочных поверхностей по сравнению с чертежными размерами, вследствие чего возникает небходимость подбора валов и колец подшипников по ремонтным размерам их диаметров или восстановления одной из сопрягаемых поверхностей (вала или кольца) до размера, обеспечивающего требуемый натяг и прочность взаимной посадки.

Правила ремонта предусматривают целую систему градаций ремонтных размеров на шейки валов и роликовые кольца тяговых двигателей. Эта система создает трудности для деповского ремонта электрических машин, так как требует большого количества роликовых колец с различными внутренними диаметрами, которые промышленность не изготавливает. Восстанавливать изношенные поверхности можно различными методами, например наплавкой, металлизацией, хромированием, цинкованием, запрессовкой промежуточных втулок. Но все перечисленные методы сложны в технологическом отношении и не исключают износа сопрягаемых деталей в эксплуатации. В некоторых случаях, когда ремонтируемые валы имеют высокий износ, их рекомендуется восстанавливать только вибродуговой наплавкой. При незначительной величине износа целесообразно применять полимерные пленки, наносимые на внутреннюю поверхность роликового кольца. Этот новый метод восстановления натягов прост в технологическом отноше-

нии, не требует сложного и дорогостоящего оборудования и поэтому применим на любом ремонтном предприятии. Применение полимерной пленки обеспечивает весьма прочное соединение сопрягаемых деталей и предохраняет контактные поверхности от дальнейшего износа в эксплуатации и повреждений при демонтаже подшипников.

В качестве основного материала для восстановления натягов применяют эластомер ГЭН-150 (В), созданный Московским научно-исследовательским институтом пластмасс (НИИПМ). Этот материал обладает высокой адгезией (сцеплением с поверхностью) и хорошей эластичностью, выдерживает значительные удельные нагрузки, маслостоек и обладает высокой диэлектрической прочностью. В его состав входит смола марки ВДУ с нитрильным каучуком СКН-40. Прочность эластомера на отрыв составляет 35 *кГ/см²*, на растяжение — 9 *кГ/см²*, на ударную нагрузку — 500 *кГ/см²* и выдерживает напряжение при сжатии пленки до 6000 *кГ/см²*. Электрическое сопротивление пленки эластомера толщиной 100 *мк* составляет 3000 *Мом*. Герметизирующий эластомер ГЭН-150 (В) выпускают в виде листов толщиной 2—4 *мм*.

Для нанесения полимерной пленки применяют клей следующего состава (в весовых частях): эластомер сухой марки ГЭН-150 (В) — 20; ацетон — 30; бутилацетат или этилацетат — 35; толуол или бензол — 15. При отсутствии толуола и бензола допустимо применение смеси растворителей: ацетона — 30 весовых частей и бутилацетата или этилацетата — 50 весовых частей. Раствор приготавливают и хранят в стеклянной или алюминиевой посуде с притертыми или герметичными крышками. При составлении раствора сначала заливают в посуду растворитель, а затем засыпают размельченный сухой эластомер. По истечении 12—15 *ч* раствор тщательно размешивают до получения однородной массы и профильтровывают через металлическую сетку, имеющую 300—400 отверстий на 1 *см²*.

Условную вязкость раствора определяют по вязкозиметру ВЗ-4, которая при температуре +20°С должна быть в пределах 35—60 *сек*. Вязкость раствора выбирают в зависимости от заданной толщины наносимого слоя эластомера. Если нужно получить тонкую пленку

эластомера, то берут раствор с условной вязкостью, равной нижнему пределу. Для нанесения более толстого слоя условная вязкость должна быть более высокой (рис. 188 и 189). При приготовлении и хранении раствора строго соблюдают меры противопожарной безопасности, а ввиду токсичности растворителей (ацетон, бензол, толуол) все работы выполняют на специальных рабочих местах, оборудованных системой приточно-вытяжной вентиляции.

Для нанесения полимерной пленки на внутреннюю поверхность роликовых колец используют специальный

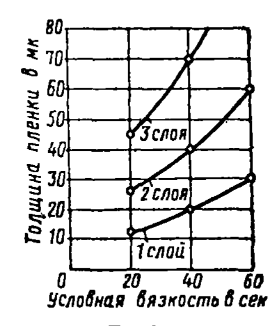


Рис. 188. График изменения толщины пленки эластомера марки ГЭН-150 (В), наносимого центробежным способом, в зависимости от условной вязкости

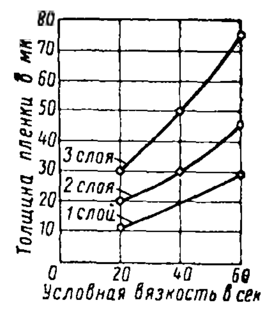


Рис. 189. График изменения толщины пленки эластомера марки ГЭН-150 (В), наносимого на поверхность детали ручной кистью, в зависимости от величины условной вязкости.

станок центробежного типа (рис. 190), состоящий из рамы сварной конструкции, шпинделя, патрона, защитного кожуха, дозирующего приспособления для нанесения раствора эластомера и электропривода. Для нанесения пленки на роликовое кольцо его устанавливают в патрон станка и закрепляют прижимными винтами. Затем патрон закрывают кожухом и во внутреннюю часть роликового кольца вводят дозирующую трубку, заполненную раствором эластомера, и включают электропривод станка. По достижении установившейся скорости вращения шпинделя 1500 *об/мин* дозирующую трубку поворачивают на 180° и раствор эластомера выливают на восстанавливаемую поверхность роликового кольца. Полимерная пленка равномерной толщины возникает в

течение 3—4 *мин*, после чего станок выключают и снимают роликовое кольцо с приспособления. Описанный способ позволяет очень быстро наносить пленку эластомера с заранее рассчитанной толщиной слоя.

Для получения наилучшей адгезии внутреннюю поверхность роликового кольца предварительно очищают до металлического блеска, обезжиривают бензином марки Б-70, а затем протирают чистой салфеткой, смоченной в ацетоне. Касаться руками очищенной поверхности не следует. После нанесения пленки роликовое кольцо подвергают сушке сначала на воздухе в течение 20 *мин*, а затем нагревают в сушильном шкафу до температуры 110—120°С и выдерживают 1 *ч*. Сушильный шкаф оборудуют вентиляцией и терморегулятором для поддержания постоянства заданной температуры. Посадочные поверхности после их восстановления измеряют, как обычно, индикаторным нутромером.

Запрессовка роликовых подшипников в подшипниковые щиты. Перед монтажом роликовых подшипников подшипниковые щиты, имеющие разъемную конструкцию (двигатели НБ-406, НБ-412 и др.), собирают с внутренней крышкой, затем внутреннюю поверхность

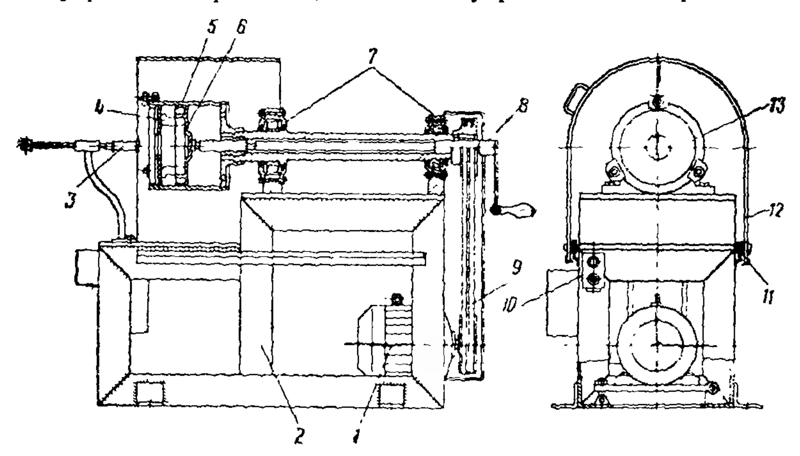


Рис. 190. Станок для нанесения пленки эластомера центробежным способом:

1 — электродвигатель; 2 — рама; 3 — дозиметр эластомера; 4 — роликовое кольцо; 5 — полый патрон; 6 — прижим-фиксатор; 7 — подшипниковые узлы; 8 — механизм крепления кольца; 9 — клиноременная передача; 10 — панель управления; 11 — ролик перемещения кожуха; 12 — защитный кожух; 13 — крышка

щитов вместе с крышкой окрашивают светлой дугостойкой эмалью воздушной сушки марки ГФ-92-ХС. Гнезда под посадку роликовых подшипников и лабиринтовые отверстия протирают обтирочными салфетками, смоченными в бензине, после чего предварительно закладывают консистентную смазку марки 1-ЛЗ в кольцевые углубления щита и крышки. Этой же смазкой ровным слоем покрывают лабиринтовые канавки. Роликовые подшипники запрессовывают на гидравлическом прессе (рис. 191) усилием 3—4 *Т*. Этот пресс состоит из цилиндра, поршня со штоком, верхнего стола для установки щитов, насосной станции и пульта управления. Для запрессовки подшипников разных типов пресс оснащен сменными приспособлениями. Шток 3 пресса имеет скорость движения от 1,2 до 1,5 *м/мин*. Во избежание перекосов и порчи подшипников в процессе запрессовки щит устанавливают так, чтобы его ось строго совпадала с осью штока пресса.

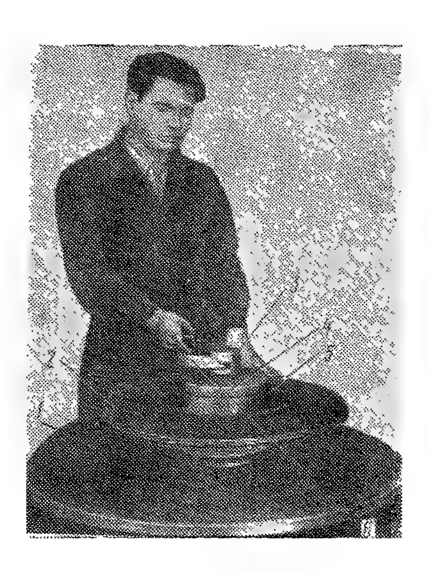


Рис. 191 Запрессовка роликового подшипника в подшипниковый щит тягового двигателя на гидравлическом прессе:

1 — стол пресса, 2 — подшипниковый щит; 3 — шток поршня пресса, 4 — опорный диск; 5 — роликовый подшипник; 6 — запирающая скоба

Для более равномерного распределения усилия пресса по поверхности подшипника *5* между подшипником и скобой штока пресса устанавливают стальной диск *4*, диаметр которого на 10—15 *мм* меньше диаметра запрессовываемого подшипника. По окончании запрессовки внутреннюю часть роликового подшипника и наружной крышки подшипникового щита окончательно заполняют консистентной смазкой 1-ЛЗ, а затем крышку устанавливают на щит и закрепляют. Во избежание за-

грязнения смазку нагнетают непосредственно из пресс-масленки (рис. 192) или специального герметически закрытого бачка.

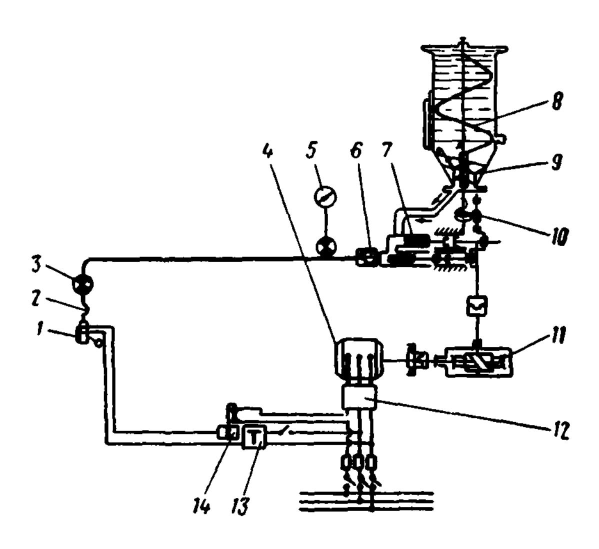


Рис. 192. Схема установки для нагнетания консистентной смазки в подшипниковые узлы электрических машин:

1 — раздаточный пистолет с выключателем; 2 — раздаточный шланг; 3 — вентиль; 4 — электродвигатель; 5 — манометр; 6 — обратный клапан; 7 — плунжерный насос; 8 — отвал; 9 — шнек; 10 — редуктор шнека; 11 — редуктор насоса; 12 — магнитный пускатель; 13 — трансформатор; 14 — промежуточное реле

63. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СБОРКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

В качестве смазочных материалов при сборке электрических машин применяют различные минеральные масла и консистентные смазки. В отличие от смазочных масел консистентные смазки при температуре окружающей среды очень вязки, малоподвижны и имеют мазеобразный вид. При нагревании они расплавляются и превращаются в жидкую массу. Консистентные смазки представляют собой смесь минеральных масел с загустителями, в качестве которых применяют мыла жирных кислот (немыльные загустители — церезин и парафин). В зависимости от применяемого загустителя консистен-

тные смазки подразделяют на группы: кальциевые, натриевые, кальциево-натриевые и др. Консистентные смазки, изготовленные на основе кальциевого мыла, обладают хорошей водостойкостью, но очень чувствительны к высоким температурам. Эти смазки применяют в тех узлах трения, где возможен контакт смазки с влагой, при условии нагрева подшипников до температуры не выше 60—70°С. Натриевые же смазки, наоборот, способны выдержать высокие температуры нагрева — от 120 до 160°С, но очень чувствительны к присутствию воды: при попадании влаги натриевые мыла легко растворяются в ней и смазка разрушается.

При сборке моторно-якорных подшипников тяговых двигателей используют промежуточные кальциево-натриевые смазки 1-ЛЗ (Ленинградского завода, РТУ НП 14-61) и УТВ1-13 (универсальная, тугоплавкая, водостойкая ГОСТ 1631—61). Обе эти смазки относятся к классу нагревостойких смазок, температура каплепадения которых не ниже 120°С. Консистентную смазку 1-ЛЗ изготавливают на основе минерального масла с загустителем, состоящим из натриево-кальциевого мыла рицинолевой кислоты, а смазку 1-13 с загустителем из натриево-кальциевого мыла и касторового масла. Максимальный срок хранения этих смазок не более двух лет. При хранении консистентной смазки на складе завода более одного месяца проводят лабораторный анализ ее качества в соответствии с требованиями ГОСТа: проверяют смазку на цвет, пенетрацию, кислотное число, температуру каплепадения, содержание механических примесей, воды и т. д. Если лабораторным анализом будет установлено, что проверяемая смазка по какому-либо показателю не отвечает стандарту, то ее бракуют и не используют при сборке подшипниковых узлов электрических машин. В табл. 34 приведены физико-химические свойства смазок 1-ЛЗ и УТВ 1-13.

Смазка якорных подшипников тяговых двигателей и вспомогательных машин. Для смазки роликовых и шариковых моторно-якорных подшипников в электрических машинах используют консистентную смазку марки 1-ЛЗ. В качестве заменителя применяют смазку УТВ 1-13. Применение смазок других марок запрещено. При сборке тяговых двигателей и вспомогательных машин смазку закладывают в подшипник, смазочные камеры под-

Таблица 34

Физико-химические свойства	Смазка	
	1-13	УТВ 1-13
Цвет	Светло-желтый	Светло-желтый
Структура . . .	*Мягкая масса без* комков и крупинок	*Мягкая масса без* комков и крупинок
Температура каплепадения в °C (не менее) . .	125	120
Пенетрация при температуре 25°C (по шкале пенетрометра) . . .	220—290	220—260
Термическая стабильность .	Выдерживает	Выдерживает
Свободная щелочь в пересчете на KOH в % (не более)	0,2	0,2
Механические примеси в %	Отсутствуют	Отсутствуют
Количество воды в % (не более)	0,75	0,75
Выделение масла в % .	Нет	Нет

шипниковых щитов и их крышки. Пространство между роликами подшипника (рис. 193) покрывают сплошным слоем смазки, а смазочные камеры крышек и подшипниковых щитов заполняют на $^2/_3$ их объема. Кроме того, консистентной смазкой тщательно заполняют канавки лабиринтовых уплотнений подшипниковых щитов, крышек и колец, как указано на рис. 194. Эти лабиринтовые маслоуплотнения создают герметичность подшипникового узла, исключая возможность попадания в подшипник влаги и грязи из внешней среды, а также препятствуют выбросу разогретой смазки из подшипниковой камеры во внутреннюю часть электрической машины.

Принцип действия лабиринтовых уплотнений основан на изменении состояния консистентной смазки при разных температурах. При работе машины наибольшая температура от трения возникает в самом подшипнике, температура же лабиринтовых уплотнений значитель-

но ниже, так как они расположены на некотором расстоянии от непосредственного места трения. Температура каплепадения консистентной смазки составляет не менее 120°С, поэтому в зазорах и канавках лабиринтовых уплотнений при нормальной работе подшипникового узла смазка всегда находится не в жидком, а в за-

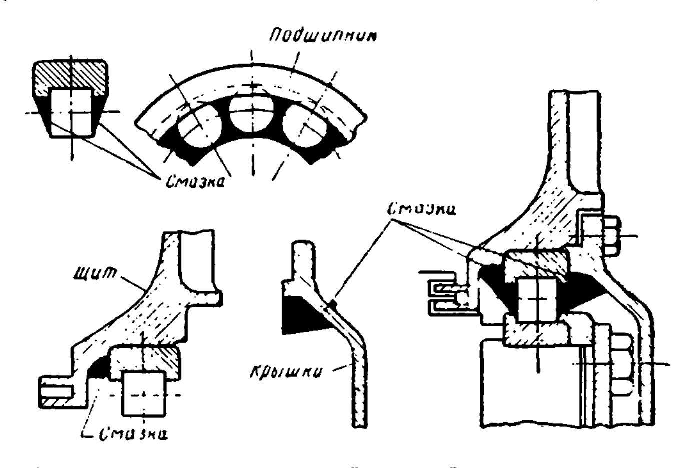


Рис. 193. Заполнение консистентной смазкой роликовых подшипников и смазочных камер подшипниковых щитов электрических машин

гущенном состоянии и создает барьер, препятствующий ее вытеканию из подшипниковой камеры. При работе подшипника смазка в камере нагревается, становится жидкой, и если бы не было лабиринтовых маслоуплотнений, то она свободно выходила бы из подшипниковой камеры. Отбрасываемая вращающимся подшипником жидкообразная смазка попадает в зазоры лабиринто-

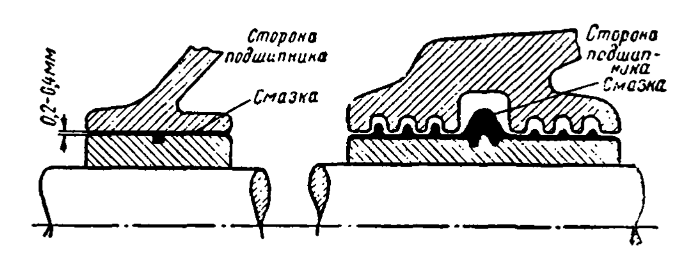


Рис. 194. Заполнение смазкой лабиринтовых уплотнений.

вых уплотнений, застывает там и далее не проникает, создавая кольцевые валики.

Для нормальной работы якорных подшипников излишек смазки так же вреден, как и ее недостаток. Большое количество смазки вызывает повышенный нагрев подшипника при его работе, вследствие чего лабиринтовые уплотнения не в состоянии предохранить смазку от вытекания. Вытекая из подшипника, смазка попадает внутрь электрической машины, проникает в вентиляционные каналы и препятствует прохождению охлаждающего воздуха, ухудшая теплопередачу и вызывая перегрев обмоток якоря. Кроме того, смазка может попасть на изоляцию обмоток машины и вызвать частичное растворение пропиточных лаков, нарушить плотность и монолитность изоляции, значительно снизить ее электрическую прочность и даже вызвать пробой. При попадании смазки на коллектор, щеткодержатели и кронштейны могут возникнуть круговой огонь по коллектору, перебросы электрической дуги на остов или подшипниковый щит. Излишнее количество смазки в якорных подшипниках приводит к неустойчивой работе электрической машины, а иногда и к прямой ее порче в процессе эксплуатации. Поэтому при сборке тяговых двигателей и вспомогательных машин строго контролируют количество смазки, закладываемое в подшипниковый узел.

Нормы расхода смазки на каждый якорный подшипник тяговых двигателей и вспомогательных машин электроподвижного состава приведены в табл. 35.

Высокая точность роликовых и шариковых подшипников требует от слесарей-сборщиков электрических машин повышенного качества монтажа подшипниковых узлов и содержания консистентной смазки и деталей подшипников в чистоте. Поэтому верстаки, стеллажи, гидравлический пресс для запрессовки подшипников, пресс-масленка для хранения и дозирования смазки и вспомогательный инструмент регулярно протирают обтирочными салфетками, смоченными в бензине или керосине.

Во избежание загрязнения смазки механическими примесями категорически запрещено располагать вблизи рабочего места, на котором монтируют подшипниковые узлы, какие-либо металлорежущие станки или

Наименование и тип электрической машины	№ подшипника		Количество смазки в подшипниковом узле в *г*	
	со стороны коллектора или двигателя	со стороны, противоположной коллектору	со стороны коллектора	со стороны, противоположной коллектору
Тяговый двигатель НБ-412	42 428	42 428	1600	1600
» » НБ-406	42 428	42 428	1600	1600
» » НБ 411	42 426	42 426	1500	1500
» » ДПЭ-400	92 426	32 426	1500	1550
» » ТАО-649-В1	62 322	32 332	1400	1450
» » ДК-103	62 417	32 422	800	1000
Тяговые двигатели ДК-106, УРТ-110 . . .	62 417	32 419	800	1200
Преобразователь НБ-429 .	92 317	32 317	400	450
Двигатель вентилятора НБ-430	92 317	32 417	400	500
Двигатель компрессора НБ-431	92 317	32 417	400	500
Двигатель компрессора НБ-404	3612	—	250	—
Мотор-генератор ДК-401В .	22 420	2320	400	400
Двигатель вентилятора ДК-403	315	32 417	250	500
Двигатель компрессора ДК-409	408	32 310	200	350
Динамоторы ДК-601, ДК-604	315	32 413	250	450

другое оборудование, выделяющее при работе металлическую и неметаллическую стружку, пыль или грязь.

В отличие от жидкого масла механические примеси в консистентной смазке невозможно отделить отстоем, поэтому ее хранят только в плотно закрытых чистых банках из белой жести. Для извлечения смазки из банок и заправки ею пресс-масленки применяют специальные металлические лопатки. При заправке смазки в якорные подшипники нельзя смешивать смазки разных марок, так как их готовят на разной основе и они имеют, как было сказано, неодинаковые свойства. Следовательно, их смесь не будет отвечать требованиям технических условий. Консистентную смазку хранят в складских помещениях при постоянной температуре окружающей среды. Во избежание разрушения структуры смаз-

ки или выделения из нее масла категорически запрещено держать смазку вблизи паропроводов, печей и других объектов с тепловыделением.

64. СБОРКА ЯКОРЯ С ОСТОВОМ

Сборка тягового двигателя. Перед монтажом якоря с остовом комплектуют детали и узлы, необходимые для сборки электрической машины. Буксы моторно-осевых подшипников и подшипниковые щиты, имеющие ремонтные размеры по посадочным местам, подбирают к соответствующему остову. Взаимозаменяемые детали (крышки подшипниковых щитов и коллекторных люков, щеткодержатели, крепеж и т. д.) получают из цеховой кладовой полуфабрикатов и монтируют на машину независимо от вида ее ремонта.

Поперечный и продольный разрезы тягового двигателя НБ-412М, поясняющие относительное расположение деталей и узлов в собранном виде, показаны на рис. 195.

Тяговые двигатели собирают на одной из рабочих позиций сборочного конвейера (рис. 196), оборудованной специальным кантователем для вращения остова в вертикальной плоскости, механическим или гидравлическим гайковертом, гидравлическими приспособлениями для запрессовки подшипниковых щитов в горловины остова, набором инструмента и другими приспособлениями. Все грузоподъемные механизмы и приспособления сборочного участка рассчитаны на определенную грузоподъемность, соответствующую весу собранного тягового двигателя или его отдельных узлов. В табл. 36 приведены веса остовов, якорей, катушек главных и дополнительных полюсов, щитов и собранных электрических машин.

Перед сборкой остов тягового двигателя перемещают транспортирующей тележкой на рабочую позицию сборочного конвейера и закрепляют в кантователе (см. рис. 196). Затем включают привод кантователя и поворачивают остов стороной коллектора вверх. В этом положении остова устанавливают подшипниковый щит и запрессовывают его гидравлическими приспособлениями (рис. 197). Щит монтируют одновременно тремя приспособлениями, располагая одно от-

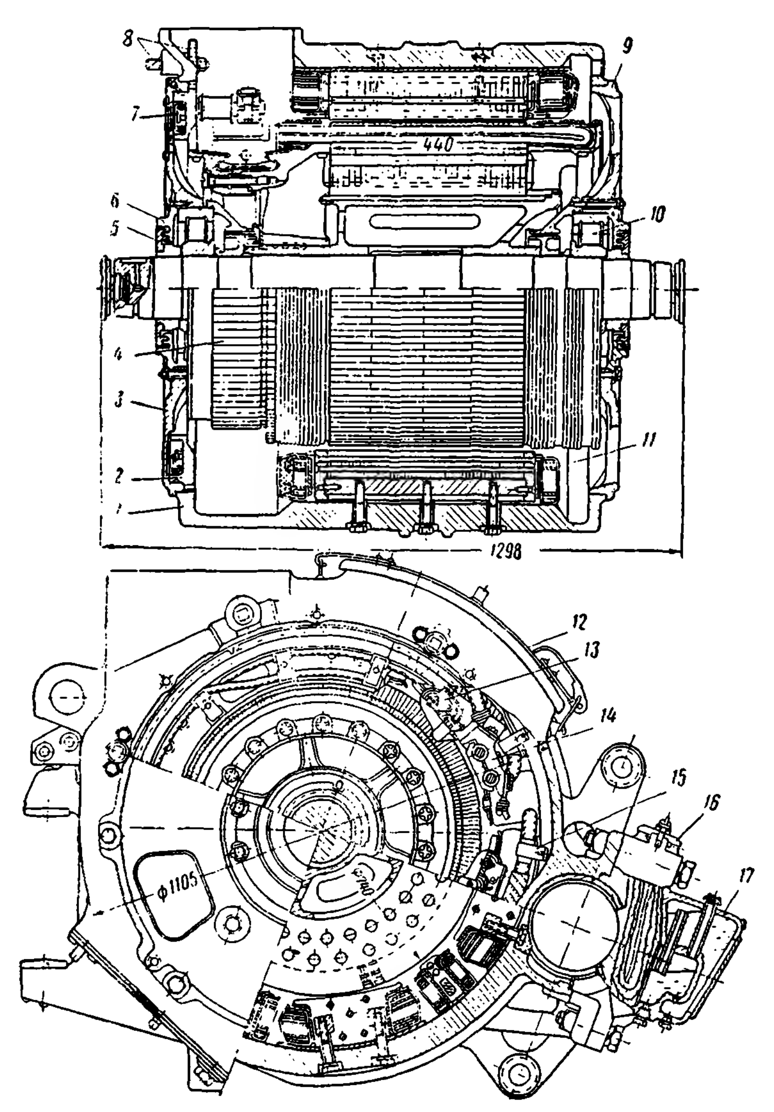


Рис. 195. Продольный и поперечный разрезы двигателя типа НБ-412М:

1 — остов; 2 — траверса; 3, 9 — щиты подшипниковые; 4 — якорь; 5 — кольцо лабиринтовое; 6 — крышка; 7 — палец кронштейна; 8 — механизм поворота траверсы; 10 — роликовый подшипник; 11 — катушка полюсная; 12 — крышка коллекторного люка; 13 — щеткодержатель; 14 — кронштейн; 15 — скоба крепления проводов; 16 — крышка масленки; 17 — букса моторно-осевого подшипника

Таблица 36

Тип машины	Вес в кг						
	двигателя в сборе	остова без катушек	якоря с обмоткой	полюсов		подшипниковых щитов	
				главных	дополнительных	со стороны, противоположной коллектору	со стороны коллектора
НБ-412	5000	1500	1640	136	45	105	105
НБ-406	5400	2000	1530	173	88	102	76
НБ-411, ДПЭ-400	4430	1607	1300	117	82	84	60
ДК-106, УРТ-110	2200	721	775	71	29	50	42
ДК-103	2850	865	680	86	38	60	50
ДК-304	2580	1030	860	103	55	58	48
НБ-429	1900	542	802	33	70	62	64
НБ-430	1743	415	450	62	16	100	70
НБ-431	1085	340	300	735	12	95	60
ДК-604, ДК-601	1200	275	275	23	11	48	44
ДК-401	2500	865	450	719	10	60	60
ДК-403	1120	205	240	21	7	29	64
ДК-406	350	75	145	16	—	—	—

носительно другого примерно на 120°. Подшипниковые щиты, имеющие по четыре крепежных отверстия (ДК-103, ДК-106, ЭДТ-200 и др.), запрессовывают двумя гидравлическими приспособлениями, которые устаиавливают в диаметрально противоположные резьбовые отверстия остова. При установке приспособления (рис. 198) шток *1* пропускают через отверстие подшипникового щита и ввертывают в резьбовое отверстие остова. Затем посредством ручки *13* плунжером *6* перекачивают масло из резервуара *5* через клапаны *8* и каналы *9*, *10* в рабочую камеру *11*, где создается давление масла, за счет которого поршень *4* со штоком *1* перемещается вверх, а корпус *2* через кольцо *12* передает усилие на подшипниковый щит, плавио вводя его в горловину остова. Во избежание повреждения роликового подшипника следят за тем, чтобы щит входил в горловину остова равномерно без перекосов. После сборки подшипникового щита со стороны коллектора остов поворачивают кантователем и

устанавливают стороной, противоположной коллектору, вверх. Якорь тягового двигателя коллектором вниз поднимают краном (см. рис. 196) и плавно, без перекосов и толчков опускают в остов. При опускании якоря внимательно следят за тем, чтобы петушки коллектора или бандажи якоря не задевали за сердечники полюсов остова. Во избежание повреждения роликового под-

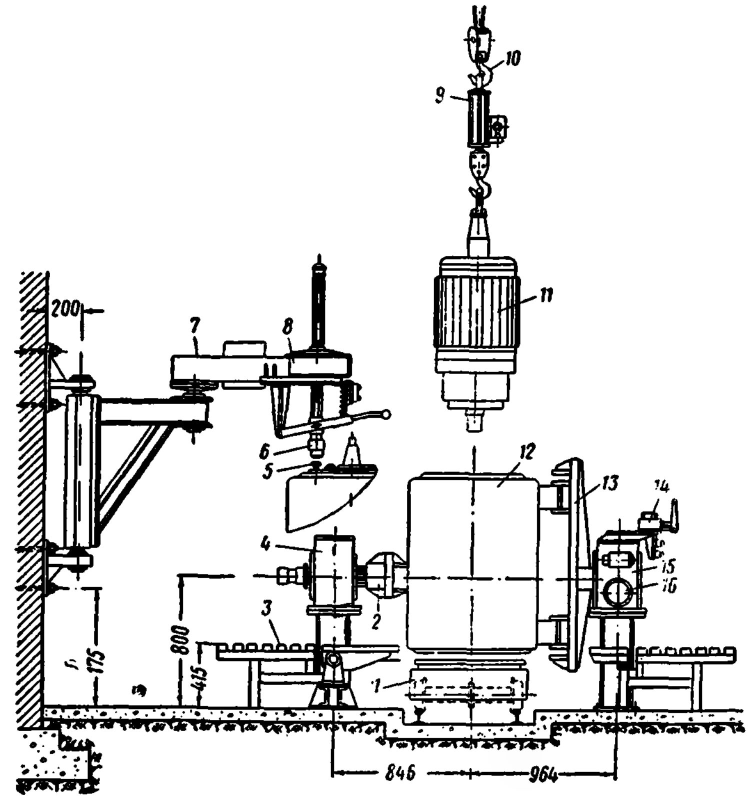


Рис. 196. Рабочая позиция конвейера для сборки якоря с остовом тягового двигателя НБ-406 в кантователе:

1 — транспортная тележка; 2 — механизм крепления остова со стороны опорных кронштейнов; 3 — подмостки; 4 — задняя стойка; 5 — болт крепления подшипникового щита; 6 — ключ болтоверта; 7 — настенная укосина локтевого типа; 8 — болтоверт с электромеханическим приводом; 9 — гидравлический механизм плавного опускания якоря в остов; 10 — крюк мостового крана; 11 — якорь; 12 — остов; 13 — механизм крепления остова со стороны моторно-осевых горловин; 14 — кран управления кантователем; 15 — передняя стойка; 16 — гидроцилиндр вращения остова

шипника упорной втулкой якоря на конус вала предварительно устанавливают и закрепляют гайкой специальную коническую оправку (рис. 199), которая обеспечивает плавное, без задиров и перекосов вхождение роликового кольца в подшипник.

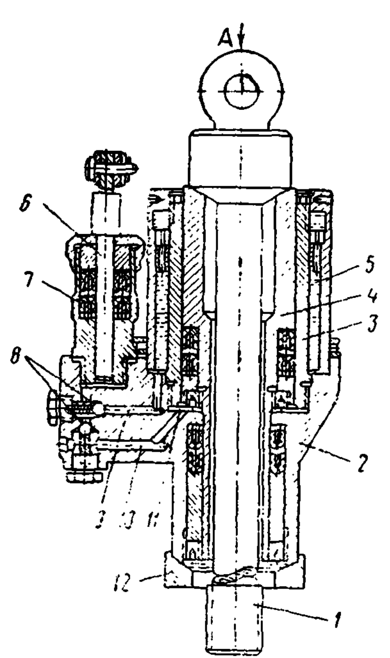


Рис. 197. Запрессовка подшипникового щита в остов тягового двигателя НБ-406 гидравлическими приспособлениями:

1 — приспособление; 2 — кантователь; 3 — остов двигателя; 4 — подшипниковый щит

Смонтированный в остове якорь поворачивают вручную в обе стороны, чтобы убедиться, что роликовое кольцо якоря вошло в подшипник, а маслоотбойный щиток не западает за внутреннюю крышку со стороны коллектора. После этого на конус вала якоря насаживают вторую направляющую коническую оправку и устанавливают подшипниковый щит со стороны, противоположной коллектору.

Подшипниковые щиты должны плотно прилегать к торцовым поверхностям остова. Местные неплотности



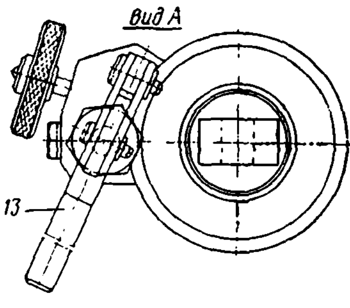


Рис. 198. Гидравлическое приспособление для запрессовки щитов в остов:

1 — шток; 2 — корпус; 3 — цилиндр; 4 — поршень; 5 — резервуар для масла; 6 — плунжер; 7 — уплотнение; 8 — клапаны; 9, 10 — каналы для масла; 11 — рабочая камера; 12 — кольцо; 13 — ручка

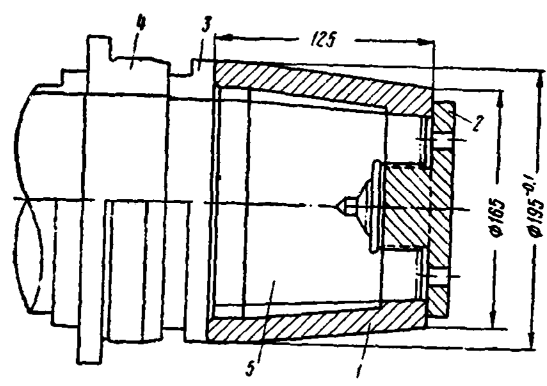


Рис. 199. Монтаж оправки на конусе вала перед сборкой якоря с остовом двигателя НБ-406:

1 — оправка бронзовая; 2 — резьбовая пробка; 3 — втулка уплотнения; 4 — роликовое кольцо; 5 — конус вала

между щитом и остовом допустимы на протяжении не более 10% длины окружности.

Тяговые двигатели НБ-412 в силу конструктивной особенности собирают в обратном порядке: сначала монтируют подшипниковый щит со стороны, противоположной коллектору, опускают якорь (коллектор вверху) в остов, устанавливают траверсу вместе с щеткодержате-

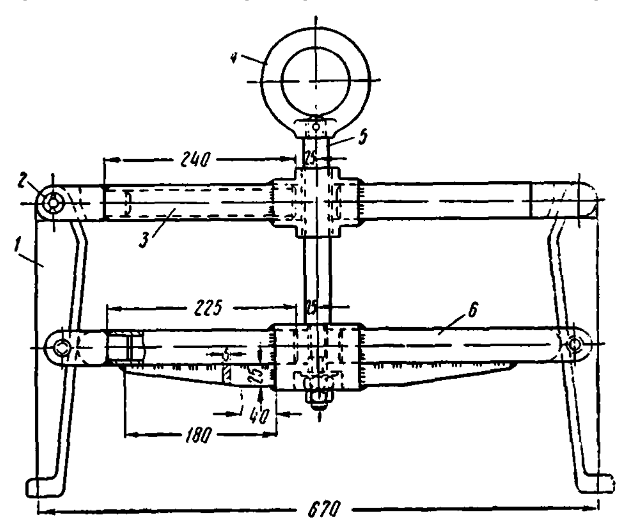


Рис. 200. Приспособление для подъема и установки траверсы в остов двигателя НБ-412М:

1 — держатель траверсы; 2 — шарнир; 3 — крестовина; 4 — рым; 5 — тяга; 6 — распорка

лями, а затем запрессовывают второй подшипниковый щит. На рис. 200 показано приспособление для подъема и установки траверсы в остов двигателя НБ-412.

При сборке тяговых двигателей НБ-412 на заводе НЭВЗ применяют способ «свободной» посадки подшипниковых щитов в горловины остова, состоящий в том, что перед монтажом подшипникового щита горловину остова нагревают специальным электрическим индуктором до температуры 130—150°С. Вследствие теплового расширения диаметр горловины остова увеличивается, и щит без дополнительных усилий свободно входит в горловину. После остывания остова диаметр горловины примет первоначальный размер и подшипниковый щит

будет надежно и прочно закреплен в остове. Электроиндукционный нагреватель (рис. 201) состоит из катушки и равномерно распределенных по ее периметру 32 магнитопроводов. Катушка нагревателя имеет 35 витков, намотанных из медной ленты сечением 2,1×30 *мм*. Магнитопровод изготовлен из динамной пролакированной стали толщиной 0,5 *мм*. Для подъема и постановки на

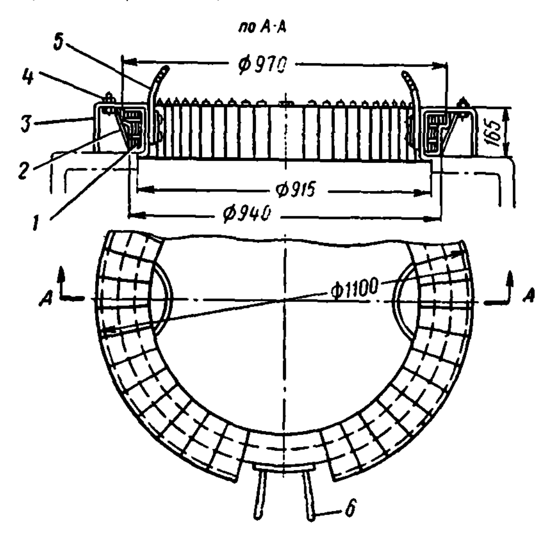


Рис. 201. Электроиндукционный нагреватель горловин остова тягового двигателя НБ-412М:

1 — катушка; 2 — шина крепления проводов; 3 — магнитопровод; 4 — болт; 5 — ушко для подъема; 6 — зажимы катушки

остов приспособление имеет два диаметрально расположенных ушка, изготовленных из медной шины. Мощность индукционного нагревателя 24 *квт*, время нагревания горловины до температуры 130°С составляет 4—5 *мин*. Для автоматического управления работой этого нагревателя предусмотрено (рис. 202) электронное реле времени, обеспечивающее отключение нагревателя при заданной температуре остова. Применение индукционного нагревателя значительно улучшает качество сборки электрических машин, так как исключает перекосы подшипникового щита относительно остова. Болты подшипниковых щитов закрепляют специальными болтовертами (см. рис. 196).

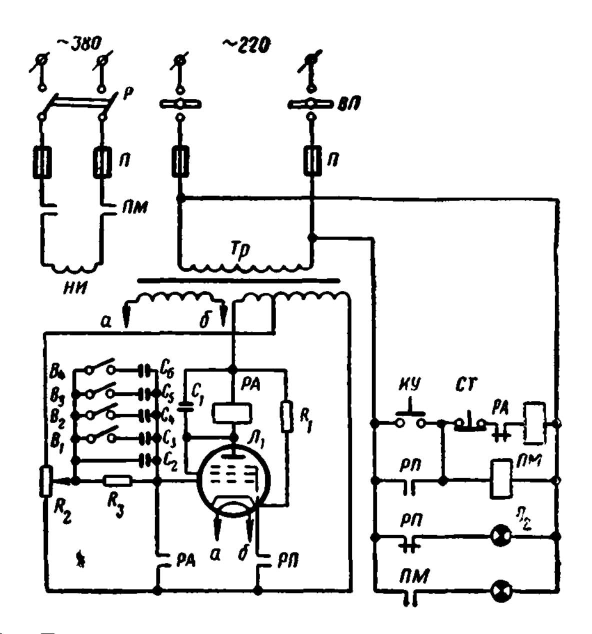


Рис. 202. Принципиальная электрическая схема индукционного нагревателя с электрическим реле времени:

Р — рубильник, **П** — предохранители, **ВП** — пакетный выключатель, **ПМ** — магнитный пускатель, **НИ** — катушка индукционного нагревателя, **Тр** — трансформатор, **РА** — анодное реле, **РП** — промежуточное реле **КУ** — кнопка управления, **СТ** — кнопка выключения индуктора, $Л_1$ — электронная лампа: $Л_2$ — сигнальные лампы, R_1 — R_3 — сопротивления, $С_1$ —$С_6$ — конденсаторы, $В_1$ —$В_4$ — выключатели настройки реле времени

После сборки якоря с остовом двигатель, вращая его кантователем, устанавливают в горизонтальное положение и проверяют вращение якоря в подшипниках, поворачивая его рукой. Якорь должен свободно и легко вращаться без заеданий. Далее снимают крышки подшипниковых щитов и измеряют радиальные зазоры подшипников в собранном тяговом двигателе, которые должны быть в пределах 0,06—0,14 *мм*. Разница между радиальными зазорами для обоих подшипников не должна превышать 0,04 *мм*. Радиальные зазоры измеряют набором щупов между верхним роликом и внутренним кольцом подшипника. После проверки этих зазоров вновь устанавливают крышки подшипниковых щитов и измеряют осевой разбег якоря, величина которого для тяговых двигателей типов ДК-103Г, ДК-106,

ДК-304 с подшипниками № 62417 колеблется в пределах 0,15—0,5 *мм*, а для двигателей НБ-411, НБ-406 и НБ-412 с подшипниками № 42426 и 42428—5,9—8,4 *мм*.

Аксиальный разбег двигателей электропоездов измеряют индикатором при трех положениях якоря, поворачивая его в подшипниках после каждого измерения на треть оборота. Неравномерность осевого разбега допускают не более 0,1 *мм* для любого положения якоря. Если осевой разбег у этих двигателей мал или вообще отсутствует, то прошлифовывают на соответствующую величину торцовую поверхность упорного кольца 7 (рис. 203), прилегающую к торцам роликов подшипника со стороны коллектора. Если же разбег якоря велик, то шлифуют поверхность этого же кольца, но прилегающую к торцу внутреннего кольца подшипника.

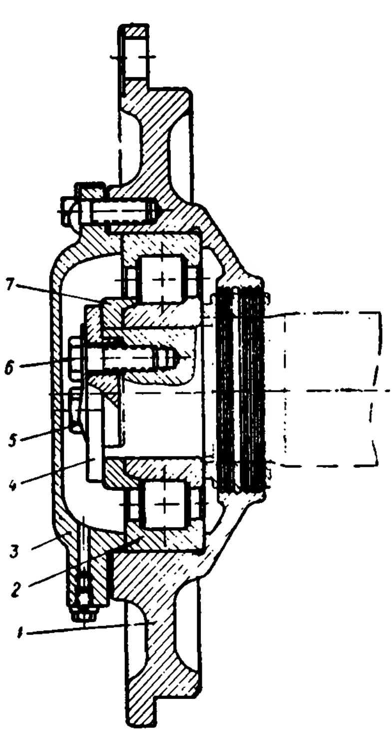


Рис. 203. Подшипниковый щит тягового двигателя ДК-304Б с роликовым подшипником № 62417:

1 — подшипниковый щит; 2 — роликовый подшипник; 3 — крышка; 4 — фланец; 5 — шайба; 6 — болт; 7 — упорное кольцо

Осевой разбег якоря тягового двигателя ДПЭ-400 с роликовым подшипником № 92426, равный 0,2—0,5 *мм*, обеспечивается конструкцией этого подшипника, т. е. зазором между упорным кольцом и торцом роликов. Такой же осевой разбег имеет якорь двигателя ТАО-649 с подшипником № 32322. Величина осевого разбега якорей в двигателях НБ-411, НБ-406 и НБ-412 зависит от размеров остова, подшипниковых щитов, крышек щитов и точности посадки подшипниковых колец на валу якоря. Осевой разбег якорей регулируют изменением

положения роликового подшипника в щите или положения подшипникового щита относительно остова. Осевой разбег якорей вспомогательных машин предусмотрен самой конструкцией неразъемного шарикового подшипника.

Тяговые двигатели чехословацких электровозов ЧС, якоря которых имеют конструкцию полого вала, собирают на специальном стенде при горизонтальном положении остова, используя ложные полувалы. Тепловозоре-

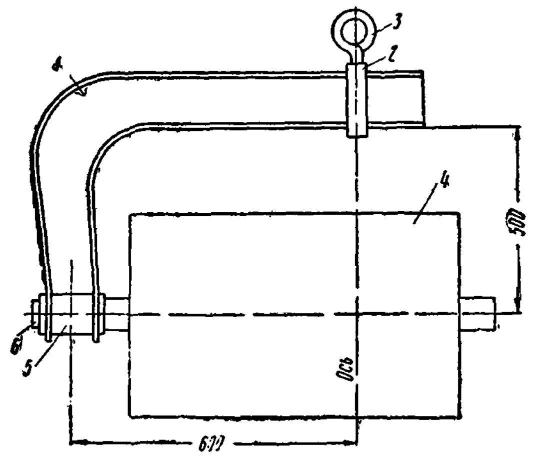


Рис. 204. Скоба для горизонтальной сборки якоря с остовом тягового двигателя ЭДТ-200:

1 — скоба; 2 — ползун; 3 — рым; 4 — якорь; 5 — конусная втулка крепления скобы к валу якоря; 6 — специальный болт

монтные заводы ЦТВР собирают тяговые двигатели и главные генераторы при горизонтальном положении остова, устанавливая якорь специальной скобой, показанной на рис. 204.

Установка щеткодержателей. После сборки якоря с остовом монтируют щеткодержатели, соблюдая при этом следующие размеры: расстояние от корпуса щеткодержателя до рабочей поверхности коллектора — от 2 до 6 *мм*; минимальный зазор между петушками коллектора и корпусом щеткодержателя (при крайнем положении якоря в сторону щеткодержателя) — не менее 5 *мм;* расстояние от крайних щеток до торца рабочей части коллектора — не менее 2 *мм*.

Закрепив щеткодержатели, вставляют в них уголь-

ные щетки, контактные поверхности которых предварительно притирают на специальном приспособлении (рис. 205). Перекос щеток относительно медных пластин коллектора допускают не более 1/3 толщины коллекторной пластины. Если у тягового двигателя щеткодержатели крепят на траверсе, то угольные щетки вставляют в гнезда щеткодержателей через одно смотровое отверстие в остове, периодически поворачивая траверсу. Зазо-

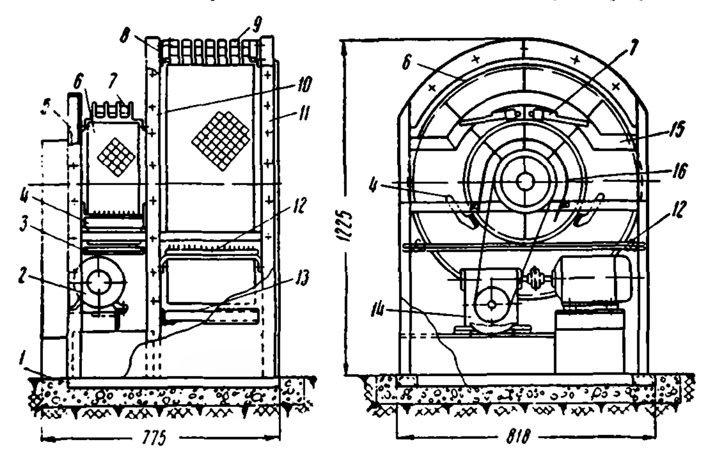


Рис. 205. Приспособление для предварительной притирки щеток тягового двигателя ЭДТ-200 и генератора МПТ-99/47:

1 — рама; 2 — электродвигатель; 3, 13 — поддоны; 4, 12 — щетки; 5 — стойка; 6 — ротор; 7 — щеткодержатель ЭДТ-200; 8, 15 — кронштейны; 9 — щеткодержатель МПТ-99/47; 10, 11 — стойки; 14 — редуктор; 16 — кожух

ры между щетками и стенками щеткодержателя должны быть в пределах 0,05—0,10 *мм* по толщине щетки и 0,1—0,3 *мм* по ее длине.

Сборка якоря с остовом вспомогательной машины. Технология сборки вспомогательных машин и тяговых двигателей почти одинакова. Большинство вспомогательных машин собирают, как и тяговые двигатели, при вертикальном положении остова при помощи специального кантователя. Таким способом собирают, например, двигатели типов ДК-404, НБ-431, преобразователь НБ-429 и др. Некоторые вспомогательные машины собирают в горизонтальном положении на специальном станке, как показано на рис. 206, или при помощи скобы (см. рис. 204).

Мотор-генератор ДК-401В, имеющий разъемный остов, собирают только в горизонтальном положении. Якорь мотор-генератора кладут на специальную подставку и с обеих сторон монтируют подшипниковые щиты. Затем якорь опускают в нижнюю половину остова и крепят щиты, после чего устанавливают верхнюю часть остова и заканчивают сборку. Некоторую особенность имеет сборка двухмашинных агрегатов, состоящих из двигателей вентиляторов ДК-403Г, НБ-430 или делителей напряжения ДК-601 и генераторов управления типа ДК-405, а также сборка двигателя ДК-406 с компрессором Э-400. При сборке двухмашинного агрегата сначала полностью собирают двигатель вентилятора или делителя напряжения, а затем на вал собранного двигателя винтовым (рис. 207) или гидравлическим приспособлением напрессовывают якорь генератора ДК-405. Головку приспособления *1* навертывают на резьбу вала двигателя, затем ручками *4* поворачивают гайку *5*, которая, перемещаясь вдоль винта *6*, через упорный подшипник *3* и втулку *2* передает усилие на торец якоря генератора, постепенно напрессовывая его на вал двигателя ДК-403Г. После этого устанавливают двигатель на станок (рис. 208) для продорожки меж-

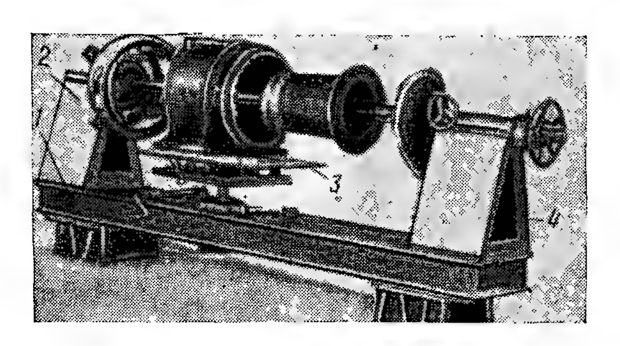


Рис. 206. Станок для разборки и сборки вспомогательных машин:
1 — станина; 2 — передняя бабка; 3 — стол; 4 — задняя бабка

ламельной изоляции, а также проточки и шлифовки рабочей поверхности коллектора генератора управления ДК-405. После обработки коллектора монтируют остов и траверсу со щеткодержателями.

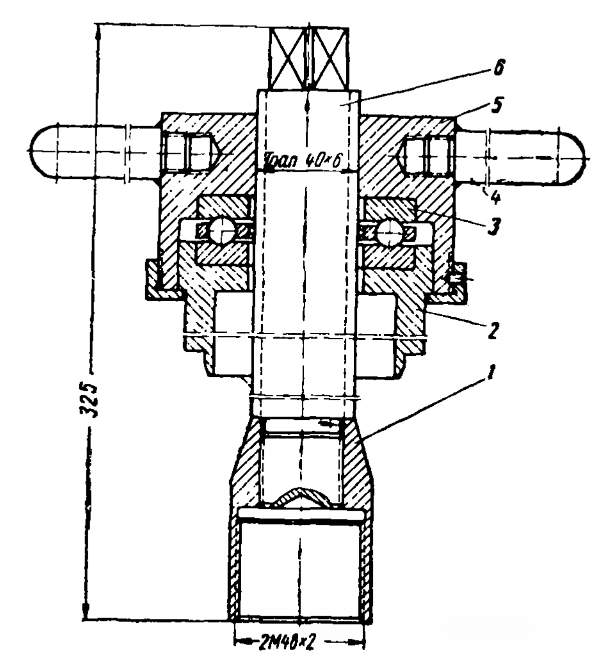


Рис. 207. Приспособление для напрессовки якоря генератора управления ДК-405 на вал якоря ДК-403Г

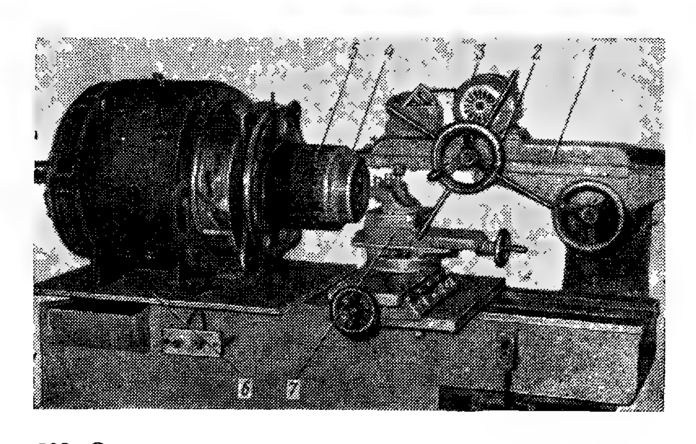


Рис. 208. Станок для продорожки и проточки коллектора генератора управления ДК-405 после посадки на вал двигателя:

1 — каретка; 2 — ручка перемещения каретки; 3 — двигатель вращения фрезы; 4 — фреза; 5 — якорь генератора управления; 6 — плита; 7 — суппорт для проточки коллектора

Сборку двигателя ДК-406 с компрессором Э-400 выполняют также в горизонтальном положении на специальном приспособлении (рис. 209). Корпус *5* компрессора своими приливами устанавливают на три опоры *2*, приваренные к плите *1*, и закрепляют откидными скобами *3* с болтами *4*, после чего приступают к сборке компрессора: запрессовывают гильзы цилиндров, монтируют поршни, запрессовывают якорные баббитовые подшипники, устанавливают коленчатый вал, шатуны и т. д. Затем поднимают якорь двигателя, пропускают его

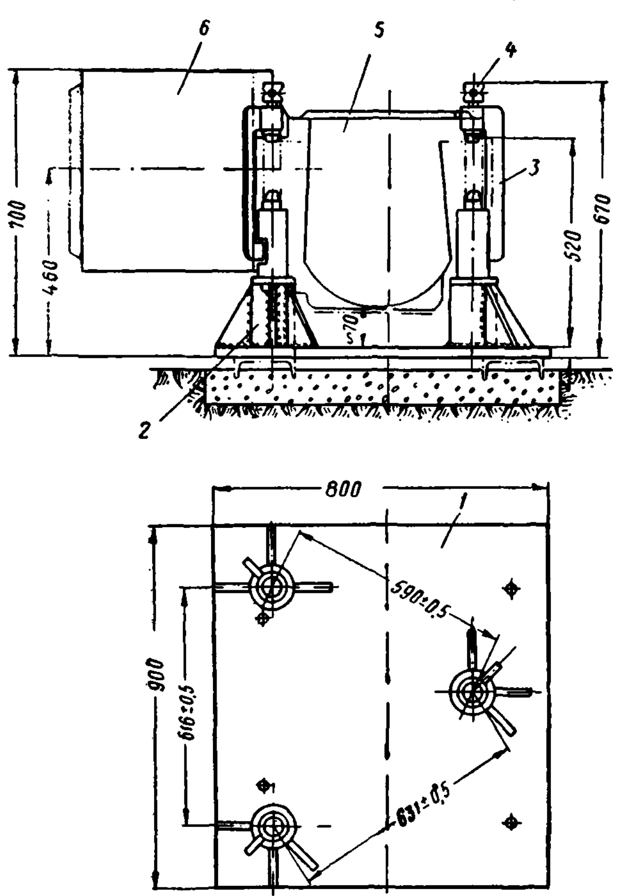


Рис. 209. Приспособление для сборки двигателя ДК-406 с компрессором Э-400

вал через подшипники скольжения и на конусе вала закрепляют малую шестерню. Наконец, остов двигателя *6* устанавливают краном на посадочное место корпуса компрессора *5* и закрепляют болтами.

Контроль качества сборки электрических машин. В полностью собранной машине якорь должен легко вращаться от руки. Если он не вращается или вращается туго, то определяют причину и устраняют дефект. Зазоры между крышками подшипниковых щитов и втулками якоря проверяют щупом. Биение рабочей поверхности коллектора якоря в собранном двигателе проверяют индикатором. При заводском ремонте биение рабочей поверхности коллектора не должно превышать 0,04 *мм* для тяговых двигателей и 0,05 *мм* для вспомогательных машин, а биение торцовой части коллекторных пластин — 2 *мм*. Биение конуса вала тягового двигателя, измеряемое также индикатором, допустимо не более 0,10 *мм*. Воздушный зазор между якорем и полюсами электрической машины проверяют проходными и непроходными щупами.

Для более надежного крепления роликового подшипника между прилегающей поверхностью крышки и торцом подшипникового щита оставляют зазор, равный 0,3—0,5 *мм*, который контролируют щупом по всей окружности крышки. На вспомогательных машинах ДК-601 и ДК-604 измеряют биение вентилятора, которое не должно превышать 1 *мм* как в осевом, так и в радиальном направлении.

Качество сборки электрических машин и работу некоторых узлов проверяют на холостом ходу при вращении якоря поочередно в обе стороны по 30 мин. Нереверсируемые вспомогательные машины опробывают при вращении якоря только в одном рабочем направлении. К машине подводят такое напряжение, при котором якорь вращается с номинальной скоростью, соответствующей паспортным данным машины. Скорость вращения якоря контролируют тахометром.

Максимальная температура нагрева якорных подшипников при работе электрической машины не должна превышать 50—55°С. Причинами повышенного нагрева могут быть: недостаточный радиальный зазор в подшипниках, загрязнение смазки или чрезмерное ее количество в смазочных камерах подшипниковых щи-

тов, перекосы подшипников при их монтаже, несоосность или перекосы подшипниковых щитов и т. д. При вращении якоря подшипники должны работать почти бесшумно. В случае недопустимого перегрева или сильного шума в подшипниках, сопровождаемого периодическими ударами, определяют и устраняют причины этих дефектов. Повышенный шум в подшипнике весьма трудно устранить регулировкой подшипникового узла, поэтому в таких случаях обычно заменяют неисправно работающий подшипник.

При вращении двигателя на холостом ходу качество динамической балансировки якоря проверяют индикатором, который устанавливают в разных точках остова, регулируя скорость вращения якоря изменением напряжения на зажимах машины. Балансировку считают удовлетворительной, если максимальное показание стрелки индикатора не превышает 0,1 *мм*. После проверки работы двигателя на холостом ходу его подвергают электрическим и механическим контрольным испытаниям на испытательной станции.

65. ОТДЕЛКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

После испытаний (подробнее см. стр. 420) двигатель для слесарной и малярной отделки его узлов транспортируют в сборочный цех, где монтируют буксы моторно-осевых подшипников, крышки коллекторных люков, навертывают гайки на вал якоря и т. д.

Во избежание попадания влаги внутрь машины головки полюсных болтов тяговых двигателей заливают горячей компаундной массой с температурой размягчения 120°С, приготовленной на основе нефтяного битума. Компаундную массу заливают на специальном кантователе, обеспечивающем поворот двигателя в удобное для заливки положение. У четырехполюсных двигателей заливают головки болтов только трех верхних полюсов (*№ 1*, 7 и *8*), а у шестиполюсных, например, НБ-412, — пять верхних полюсов (*№ 1*, *2*, *3*, *11* и *12*). Для предохранения изоляции от механических повреждений на выводные кабели тяговых двигателей надевают защитные брезентовые чехлы и закрепляют их пропитанным крученым шнуром. Защитные чехлы должны

быть предварительно хорошо прокрашены эмалью ПФ-67.

Коллектор якоря и изоляторы кронштейнов щеткодержателей протирают чистыми обтирочными салфетками, смоченными в бензине марки Б-70. В случае необходимости повторно прокрашивают эмалью № 1201 или ГФ-92-ХК миканитовый конус коллектора, а внутреннюю часть остова, провода и торцы катушек со стороны коллектора покрывают дугостойкой эмалью марки ГФ-92-ХС. Условная вязкость эмалей при температуре 20°С должна быть по вязкозиметру ВЗ-4 в пределах 60—100 *сек*. Если отремонтированная электрическая машина предназначена для отправки в депо, то для защиты от коррозии в процессе транспортирования и длительного хранения моторно-осевые горловины, конусы вала, резьбовые и гладкие отверстия покрывают антикоррозионной смазкой, а конусы вала дополнительно обертывают несколькими слоями плотной, пропитанной в парафине бумаги, которую закрепляют шпагатом.

Укомплектованную и отделанную электрическую машину осматривает и принимает контрольный мастер ОТК, который составляет приемо-сдаточный акт, протокол контрольных испытаний и заполняет технические паспорта на остов и якорь. В паспорта вносят следующие данные: объем ремонта остова и якоря; время и место ремонта; размер диаметров моторно-осевых горловин остова; перечень конструктивных изменений, выполненных в порядке модернизации при ремонте электрической машины.

После приемки для предохранения от коррозии и придания машине лучшего внешнего вида ее окрашивают снаружи. Тяговые двигатели и вспомогательные машины электропоездов, которые монтируют на тележке локомотива или раме вагона, окрашивают черным лаком БТ-99 воздушной сушки.

Электрические машины, устанавливаемые в кузовах электровозов и тепловозов, обычно окрашивают светлой эмалью марки ГФ-92-ХС (табл. 37).

Поверхность электрических машин перед окраской очищают стальной щеткой от ржавчины, продувают сжатым воздухом и протирают хлопчатобумажной ветошью, смоченной в уайт-спирите. При декоративной окраске вспомогательных машин их предварительно

Таблица 37

Объект окраски	Способ нанесения лака	Лак или эмаль	Растворитель	Вязкость по ВЗ-4 при 20°С в *сек*	Цвет
Наружная поверхиость тяговых двигателей и вспомогательных машин электропоездов, сердечники главиых и дополиительиых полюсов, их фланцы и прокладки	Пульверизатором	Лак	Беизин	18—20	Черный
Внутрениие поверхиости остовов, подшипниковых щитов, крышек, торцы катушек и межкатушечиые соедиеиия. Наружная поверхность вспомогательиых машин электровозов	То же	Дугостойкая эмаль ГФ-92-ХС	Смесь уайт-спирита с бензолом или толуолом	30—40	Серый
Миканитовый конус коллектора, кронштейны щеткодержателей, подбандажиые чехлы якоря и др.	Кистью малярной	Эмаль № 1201 или эмаль ГФ-92-ХК	Смесь беизола и этилацетата или толуол	60—80	Красный
Защитиые чехлы выводных кабелей	Пульверизатором	Эмаль ПФ-67	Уайт-спирит, сольвент каменноугольный, скипидар	40—50	То же

груитуют и шпаклюют. Красят машины в два слоя пульверизатором в специальной покрасочно-сушильной камере, оборудованной системой приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей хорошую циркуляцию и обмен воздуха. Для более интенсивного высыхания покровного лака окрашенные машины обдувают воздухом, подогретым в паровом или электрическом калорифере до 50—60°С. Второй слой лака или эмали наносят после полного высыхания первого слоя.

Качество покрытия проверяют внешним осмотром. На окрашенной поверхности не должно быть подтеков, морщин, загрязнений, вспучиваний и отлипа пленки покрытия.

XIV

ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Каждую выпускаемую из ремонта электрическую машину по окончании ремонтных работ, за исключением отделочных, подвергают контрольным испытаниям в соответствии с ГОСТ 2582—50 и 183—55. Контрольные испытания проводят на испытательных станциях для проверки номинальных данных машины, качества изготовления или ремонта и пригодности к эксплуатации.

Машина пригодна для установки на подвижной состав, если она прошла испытания и удовлетворяет требованиям ГОСТ 2582—50, 183—55, технических условий и правил ремонта. При несоответствии всем этим требованиям машину, как правило, возвращают в цех для устранения выявленных дефектов и после этого вторично испытывают по полной программе (если машина разбиралась с заменой отдельных узлов) или по отдельным пунктам программы, позволяющим установить, устранены ли дефекты (если она не разбиралась).

66. ОСМОТР И ПРОВЕРКА МАШИН

При осмотре собранной машины на испытательной станции обязательно проверяют состояние коллектора, установку щеткодержателей, проворачиваемость и разбеги якоря, исправность щеточного аппарата, состояние подшипникового узла. Особое внимание обращают на состояние поверхности коллектора. Коллектор не должен иметь пластин с острыми краями, заусенцами, загрязнений между ламелями, остатков графита, слюды, краски и т. д. Он должен быть хорошо прошлифован и продорожен. Допустимые величины биения коллектора,

зазоры, разбеги якоря и другие контролируемые размеры указаны на стр. 405—406.

Щеткодержатели должны быть прочно закреплены, расположены на равном расстоянии друг от друга и надежно соединены с подводящим кабелем. Давление пружин на щетки, измеренное динамометром, должно в пределах допусков соответствовать нормам, а щетки — свободно перемещаться в обойме, не имея поперечных колебаний. Качество притирки щеток к рабочей поверхности коллектора контролируют по эталону. Притертая поверхность должна составлять не менее 75% всей рабочей поверхности каждой щетки. Якорь машины должен легко, без заеданий проворачиваться от руки.

Особые требования предъявляют и к изоляции всех токоведущих частей и соединений. Сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса машины измеряют мегомметром. Изоляция всех частей машины должна иметь в холодном состоянии сопротивление не менее 50 *Мом*. Руководствуясь электрической схемой, проверяют правильность соединения обмоток возбуждения и расположения выводных кабелей и проводов.

Проверка на холостом ходу без нагрузки. Перед испытанием под нагрузкой машину проверяют на холостом ходу без нагрузки при вращении в обе стороны по 30 *мин*. Нереверсируемые машины проверяют только при вращении в рабочем направлении. Для проверки на холостом ходу выводы двигателей *ЯЯ* и *КК* соединяют между собой, а выводы *Я* и *К* — с источником постоянного тока, напряжение которого составляет $^1/_8$—$^1/_{10}$ номинального напряжения испытуемой машины. При вращении якоря с пониженной скоростью проверяют отсутствие вибрации, стука щеток, задевания якоря за полюсы и остов и работу подшипников. Затем постепенно скорость вращения повышают до номинальной.

При номинальной скорости еще раз проверяют работу машины так же, как и при пониженной скорости. Кроме того, проверяют нагревание подшипников, измеряя их температуру через 45—60 *мин* после начала работы. Для машин, расположенных под кузовом, допускают превышение температуры подшипников над температурой окружающего воздуха не более 55°С, а для машин, расположенных в кузове локомотива, — не более 45°С.

После проверки на холостом ходу машину осматривают, проверяя затяжку болтов и гаек, состояние наконечников на выводных кабелях, пригонку и состояние замков крышек коллекторных люков. Для наблюдения за коммутацией во время испытаний вместо обычных крышек коллекторных люков устанавливают крышки с окнами, закрытыми стеклом. Затем машину устанавливают на стенд и проводят контрольные испытания.

67. СТЕНДЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Испытательные стенды ремонтных заводов или локомотивных депо обеспечивают проведение контрольных испытаний тяговых двигателей, включающих проверку их нагревания при часовом режиме нагрузки, скорости вращения в обоих направлениях, прочности машин при повышенной скорости вращения и проверку коммутации. Оборудование испытательной станции должно допускать проведение этих испытаний в максимально сжатые сроки.

После осмотра испытываемые машины устанавливают на стенд и прочно закрепляют. Стенды для испытания тяговых двигателей имеют специальные устройства для укрепления машин. На рис. 210 представлен общий вид стенда для испытаний тяговых двигателей с опорно-осевым подвешиванием. Опоры *2* стенда расположены на чугунной фундаментной плите или раме *1* сварной конструкции. На стойках скобами *5* укреплен ложный вал *3*, имеющий утолщения в месте установки моторно-осевых подшипников двигателя. На эти утолщения двигатель устанавливают горловиной под моторно-осевые подшипники остова и закрепляют хомутами *4*. Задним выступом носика траверсной подвески двигатель опирается на стойку *8*, нижняя часть которой также укреплена на фундаментной плите или раме, а верхнюю можно перемещать относительно нижней по направляющим при помощи винта *7*. Стенды для испытания двигателей с опорно-рамным подвешиванием отличаются тем, что вместо ложных валов имеют суппорты и опорные клинья для установки и крепления остова.

Так как тяговые двигатели обычно устанавливают на стенды попарно, валы их якорей соединяют между собой при помощи двух полужестких муфт 6, закрытых

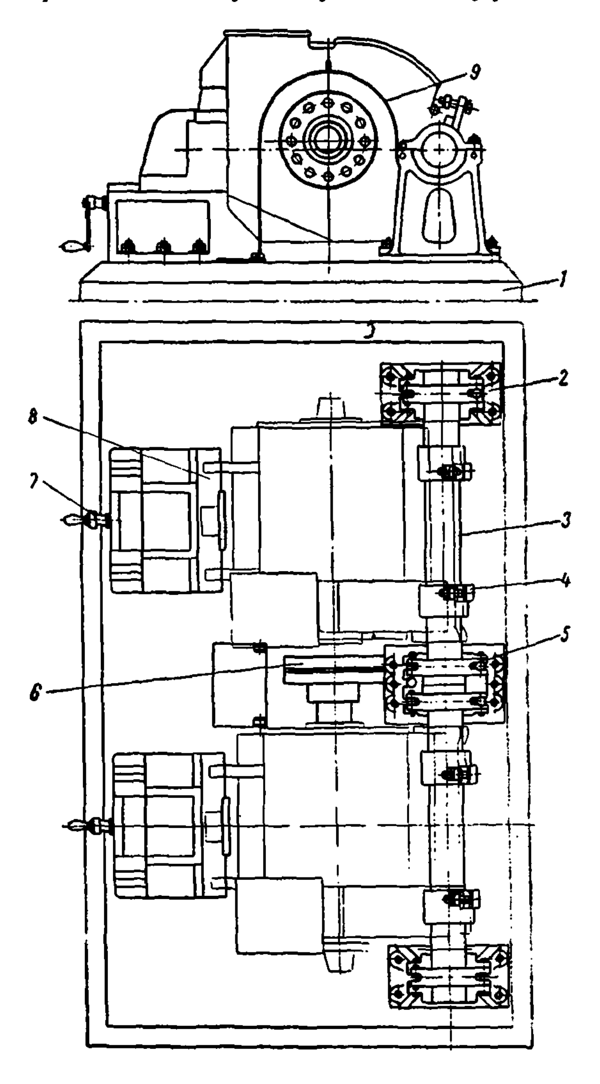


Рис. 210. Стенд для испытания тяговых двигателей с опорно-осевым подвешиванием

ограждением 9. Малую муфту 1 (рис. 211) насаживают на вал двигателя и закрепляют на нем шпонкой и гайкой. Большая муфта 6 имеет пальцы 3, закрепленные гайкой 4. На эти пальцы надеты резиновые втулки 2, которые вместе с пальцами входят в отверстия малой муфты. Большая муфта насажена на втулку 8 и закреплена на ней шпонками 7 и фиксирующими болтами 5 и 9. В осевом направлении муфту можно перемещать по втулке, что удобно для соединения и разъединения машин.

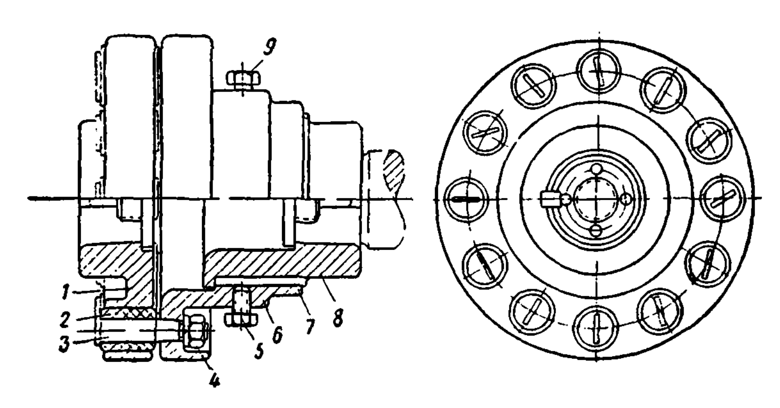


Рис. 211. Упругая муфта для соединения валов тяговых двигателей при испытаниях

Электрические аппараты, реостаты возбуждения и приборы, необходимые для испытаний машин, устанавливают на пультах управления и распределительных щитах, которые изготавливают в виде каркасов из профильного металла, закрытых сверху листовой сталью. Устройство стендов обеспечивает удобство и безопасность проведения испытаний, а также высокую точность измерений. На пультах управления устанавливают измерительные приборы высокого класса точности 0,2—0,5, а измерительные приборы классов 1,5—2,5 и переключатели аппаратов монтируют на вертикальных панелях щитов управления. Выводные провода обмоток испытываемых машин подключают к электрическим цепям стенда согласно схеме через высоковольтные колонки с зажимами. При испыта-

ниях тяговых двигателей с независимой вентиляцией устанавливают вентилятор типа ЭВР-6 с электродвигателем А71-6.

Электрические машины испытывают методом непосредственной нагрузки или методом возвратной работы. Метод нагружения машин при испытаниях выбирают в зависимости от их мощности. В практике заводского ремонта для испытания вспомогательных машин обычно применяют метод непосредственной нагрузки, а для тяговых двигателей мощностью от 50 *квт* и выше — метод возвратной работы.

Сущность метода возвратной работы или взаимной нагрузки состоит в том, что на стенд одновременно устанавливают две однотипные машины, первая из которых (испытываемый двигатель) работает в двигательном режиме, а вторая — в генераторном, являясь механической нагрузкой для первой. Электрическая энергия, вырабатываемая генератором, поступает в испытываемый двигатель. От других источников получают энергию, необходимую только для покрытия всех потерь в двигателе и генераторе. Такой метод испытаний по сравнению с методом непосредственной нагрузки машин позволяет сократить расход электрической энергии на испытания примерно в 3—4 раза. Для испытаний обычно выбирают такую систему управления машинами, которая обеспечивает плавное регулирование и высокую стабильность испытательных режимов, простоту и безопасность управления и имеет невысокую стоимость необходимого оборудования.

На большинстве ремонтных заводов и в локомотивных депо тяговые двигатели испытывают по методу возвратной работы, питая их от линейного генератора *ЛГ* (рис. 212) и вольтодобавочной машины *ВДМ*, которые имеют общий привод — асинхронный трехфазный двигатель. Вольтодобавочная машина почти полностью компенсирует электрические потери, а линейный генератор — все остальные. Оба генератора имеют независимое возбуждение от индивидуальных возбудителей *В* соответственно возбудителя линейного генератора $B_{лг}$ и возбудителя вольтодобавочной машины $B_{вдм}$, которые в свою очередь имеют независимое возбуждение с плавным регулированием напряжения (от нуля до наибольшего) посредством ползунковых реостатов R_1 и R_2.

Машина, последовательно с якорем которой включены обе обмотки возбуждения ($B_г$ — генератора и $B_д$ — двигателя), работает в режиме двигателя *Д*. Машина, последовательно с якорем которой включена вольтодо-

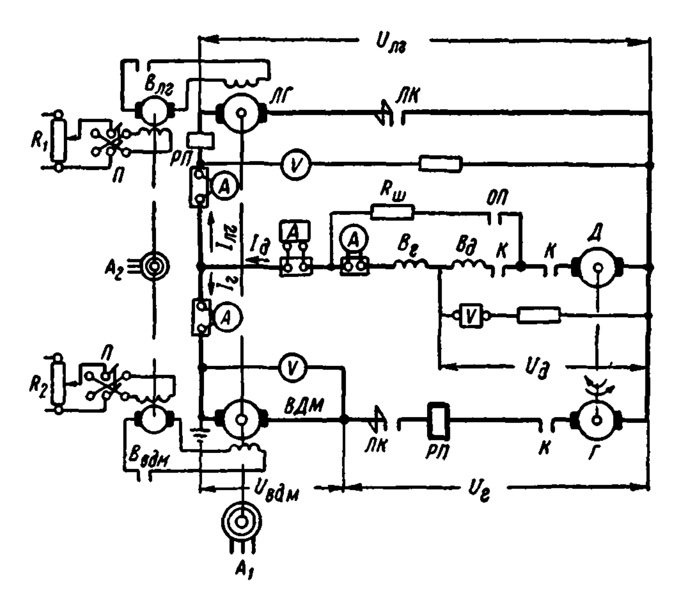


Рис. 212. Принципиальная схема испытания тяговых двигателей электроподвижного состава постоянного тока:

Д—испытываемая машина, работающая в режиме двигателя; Г—машина, работающая в режиме генератора. ЛГ—линейный генератор; ВДМ—вольтодобавочная машина. $В_{ЛГ}$—возбудитель линейного генератора; $В_{ВДМ}$—возбудитель вольтодобавочной машины; А—асинхронные двигатели; R_1—регулировочный реостат возбуждения линейного генератора, R_2—регулировочный реостат возбуждения вольтодабовочной машины; П — переключатель пакетный; ЛК — линейные контакторы в цепях линейного генератора и вольтодобавочной машины, РП — реле перегрузки, $R_ш$ — сопротивление, шунтирующее обмотки возбуждения

бавочная машина, работает в режиме генератора *Г*. По обеим обмоткам возбуждения двигателя $B_д$ и генератора $B_г$ проходит ток якоря двигателя, поэтому э.д.с. генератора и двигателя всегда равны между собой и направлены встречно. При возбуждении вольтодобавочной машины *ВДМ* и отключенном линейном генераторе

ЛГ, т. е. при выключенном контакторе *ЛК*, в контуре возникает ток:

$$I_{лг}=\frac{V_{вдм}}{r_д+r_г+r_{пр}},$$

где $V_{вдм}$ — напряжение в вольтодобавочной машине;
$r_д$ — сопротивление обмоток двигателя;
$r_г$ — сопротивление обмоток генератора;
$r_{пр}$ — сопротивление проводов.

При этом машины *Д* и *Г* будут неподвижны, так как их токи и магнитные потоки равны, а следовательно, равны и их встречно направленные вращающие моменты. Если же машины начнут вращаться, то это укажет на несовпадение их характеристик намагничивания.

После включения и некоторого возбуждения линейного генератора его ток пойдет по цепи двигателя, так как в цепи генератора действует э.д.с., направленная навстречу э.д.с. линейного генератора.

Ток двигателя, а следовательно, и его вращающий момент станут больше тока и момента генератора, и машины начнут вращаться. Напряжение на зажимах испытываемого двигателя незначительно меньше напряжения линейного генератора. Изменяя ток возбуждения линейного генератора, регулируют напряжение на зажимах двигателя. Изменением возбуждения вольтодобавочной машины регулируют ток двигателя и соответственно ток генератора.

Линейный генератор должен давать напряжение, большее, чем напряжение двигателя при испытаниях, на величину падения напряжения в обмотке возбуждения генератора *ЛГ*, а его мощность должна быть достаточной для компенсации магнитных, механических и дополнительных потерь в двигателе и генераторе с учетом компенсации мощности, передаваемой испытываемым двигателем генератору при предельном возможном расхождении их характеристик. В качестве линейного генератора на испытательных станциях часто используют тяговый двигатель ДК-103 с системой независимого возбуждения.

Вольтодобавочная машина — это генератор постоянного тока с напряжением обычно до 500 *в*, через который проходит ток, практически равный току испытыва-

емого двигателя. Напряжение *ВДМ* равно сумме падений напряжений в обмотках двигателя и генератора. Выбирая вольтодобавочную машину, учитывают, что при испытании двигателя на перегрузку через ее обмотки кратковременно проходит примерно двойной часовой ток двигателя. При этом *ВДМ* также должна покрывать все падения напряжения в обмотках двигателя и генератора.

В качестве вольтодобавочной машины часто используют тепловозные двигатели ЭДТ-200 или ДК-304, переоборудованные с последовательного на независимое возбуждение.

Для изменения направления вращения испытываемой машины реверсируют обмотки возбуждения двигателя и генератора, а для ослабления поля их шунтируют сопротивлением.

Останавливая двигатель, сначала снижают напряжение линейного генератора, а затем вольтодобавочной машины.

В связи с внедрением электровозов и электропоездов переменного тока в ПКБ ЦТ МПС разработан проект типовой испытательной станции, предусматривающий питание испытываемой машины пульсирующим током. Для этого на протекающий по цепи машины постоянный ток накладывают переменную составляющую частотой 100 *гц*, соответствующей первой гармонической составляющей при двухполупериодном выпрямлении.

Принципиальная электрическая схема универсального стенда для испытаний двигателей электроподвижного состава переменного тока показана на рис. 213. В роторе преобразователя частоты *ПЧ*, вращаемого асинхронным двигателем A_3 со скоростью, близкой к синхронной, в направлении, противоположном направлению вращения поля статора, индуктируется переменное напряжение, которое плавно регулируют индукционным регулятором, включенным в цепь статора преобразователя. Индукционный регулятор охлаждают специальным вентилятором. Переменная составляющая тока проходит по цепи, состоящей из обмотки ротора преобразователя *ПЧ*, конденсатора *КС*, реактора P_3, обмоток якоря и дополнительных полюсов испытываемого двигателя и обмоток возбуждения обеих машин, а также по

параллельным ветвям *ЛГ* и *ВДМ*. Для снижения величины переменной составляющей в цепях *ЛГ* и *ВДМ* установлены реактивы P_3 и P_1.

68. СТЕНДЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Как отмечалось, для испытаний вспомогательных машин наибольшее распространение получил метод их непосредственной нагрузки. Стенд для испытаний этим методом должен обеспечивать проведение контрольных испытаний вспомогательных машин, имеющих различные номинальные данные и схемы возбуждения. Нагрузку для двигателей вентиляторов создают при помощи заслонки на выхлопном отверстии. Мотор-ком-

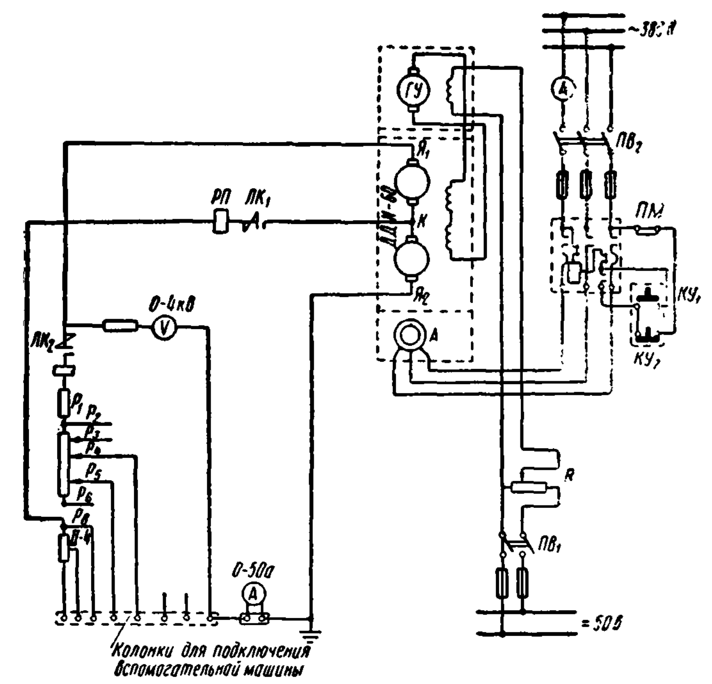


Рис. 214. Принципиальная электрическая схема универсального стенда испытания вспомогательных машин электроподвижного состава постоянного тока:

ДДИ-60 — динамотор; **ГУ** — генератор управления; **А** — асинхронный двигатель; **$КУ_1$, $КУ_2$** — кнопки управления; **$ЛК_2$, $ЛК_1$** — линейные контакторы; **$ПВ_1$, $ПВ_2$** — пакетные выключатели; **$Р_1$–$Р_8$** — потенциометры и реостаты; **РП** — реле перегрузки

прессоры при испытаниях работают на пневматическую систему с противодавлением. Для испытания к мотор-генераторам, преобразователям и генераторам управления подключают нагрузочные сопротивления, в которых гасят вырабатываемую ими энергию.

Принципиальная схема универсального стенда для испытания вспомогательных машин на заводе МЭМРЗ показана на рис. 214. Этот стенд обеспечивает испытания вспомогательных машин всех типов напряжением 3000 и 1500 *в* и мощностью до 15—20 *квт* (кроме мотор-генераторов ДК-401 и преобразователей НБ-429). В качестве линейного генератора использован динамотор ДДИ-60, вращаемый асинхронным двигателем *А*. Обмотки возбуждения динамотора получают питание от генератора управления *ГУ* типа ДК-405А, насаженного на вал динамотора. Напряжение динамотора регулируют потенциометром *R*, включенным в цепь обмотки возбуждения *ГУ*. Контактор $ЛК_2$ подключает испытываемую машину к выводу $Я_1$ динамотора. Вспомогательные машины на 1500 *в* для испытаний подключают к средней точке *К* динамотора контактором $ЛК_1$, предварительно отключив контактор $ЛК_2$.

Для испытаний вспомогательную машину устанавливают и закрепляют на плите стенда и, нажав кнопку $КУ_2$, включают асинхронный двигатель динамотора. Пакетным выключателем включают цепь возбуждения динамотора, ток в которой регулируют реостатом, контролируя по вольтметру напряжение динамотора, а ток испытываемой машины—по амперметру. Скорость вращения якоря измеряют ручным тахометром.

На некоторых ремонтных заводах и в ряде депо вспомогательные машины на 3000 *в* для испытаний подключают к вводу контактной сети. Это наиболее экономично как по стоимости оборудования, так и по расходу электроэнергии. Однако непостоянство напряжения в контактной сети затрудняет проведение испытаний в строгом соответствии с требованиями программы. Поэтому более удобно питать испытываемые машины от независимого генератора напряжением 3000 *в* и мощностью 70—80 *квт,* что позволяет испытывать и такие машины, как ДК-401 и НБ-429.

Вспомогательные машины при работе на подвижном составе не реверсируют, поэтому их испытывают только

при одном рабочем направлении вращения. Отличия режимов испытаний вспомогательных машин от соответствующих режимов тяговых двигателей состоят в следующем: испытания на нагревание обмоток проводят при расчетном кратковременном режиме, который может отличаться от часового (например, преобразователи НБ-429 испытывают 40 *мин*). Коммутацию проверяют в течение 1 *мин* при номинальном напряжении и пятикратном пуске на максимальном напряжении. Во время контрольных испытаний мотор-генераторов ДК-401 и преобразователей НБ-429 регулируют их ограничители скорости вращения.

69. КОНТРОЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЯГОВЫХ МАШИН

Измерение сопротивления обмоток в холодном состоянии. После установки машины на стенде перед началом испытания под нагрузкой измеряют сопротивление обмоток в холодном состоянии, когда температура всех частей машины отличается от температуры окружающего воздуха не более чем на ±3°С. Температуру обмоток в холодном состоянии определяют лабораторным термометром, который закладывают внутрь машины на 20—30 *мин*. Если машина длительное время (не менее 12 *ч*) находилась в нерабочем состоянии, а температура окружающего воздуха значительно не изменялась, то измерение температуры обмоток не обязательно.

Сопротивление обмоток можно измерять несколькими способами. Наибольшее распространение получили: метод вольтметра и амперметра и измерение двойным мостом типа МД6 или УМВ с зеркальным гальванометром высокой чувствительности. В последнее время все более широкое распространение получает применение компенсационных потенциометров для измерения падения напряжения на обмотках. Номинальные величины сопротивлений обмоток при 20°С для основных типов тяговых двигателей приведены в табл. 38.

Сопротивление обмоток электрических машин, измеренное в холодном состоянии при 20°С, не должно отличаться от номинального значения при выпуске из заводского ремонта второго объема более чем на ±8% для тяговых двигателей электровозов, на ±9% для

Таблица 38

Тип двигателя	Омическое сопротивление при 20°С в *ом*		
	обмотки якоря	обмоток полюсов	
		главных	дополнительных
НБ-412М	0,03100	0,0410	0,02100
НБ-406Б	0,04730	0,0442	0,02370
ДПЭ-400А	0,06450	0,0744	0,03740
ДК-106Б-2	0,17500	0,1900	0,07000
ДК-103Г	0,20800	0,2330	0,10200
ТАО-649$А_1В_1$	0,01000	0,0091	0,00740
ЭДТ-200Б	0,00574	0,0053	0,00335

тяговых двигателей электропоездов, на ±10% для тяговых двигателей тепловозов и вспомогательных машин всех типов. При выпуске из деповского ремонта отклонения сопротивления обмоток от соответствующих номинальных значений допустимы не более чем на ±10% для всех машин.

Испытание машин на нагревание. Эти испытания проводят для определения превышения температуры обмоток, коллектора и подшипников над температурой окружающего воздуха при часовом режиме работы. Для этого закрывают коллекторные люки, включают вентилятор (при испытании электровозных и тепловозных тяговых двигателей), а затем вольтодобавочную машину и линейный генератор и устанавливают номинальный часовой ток при номинальном напряжении на зажимах испытываемого двигателя. Время начала испытаний отмечают в протоколе.

Электрические машины на нагревание, как правило, испытывают в течение 1 *ч*. Во время работы машины постоянно следят за током нагрузки, напряжением, скоростью вращения, температурой подшипников и окружающей среды, а также обмоток полюсов. При испытании тяговых двигателей с независимой вентиляцией проверяют также количество охлаждающего воздуха и его температуру на входе в машину. Номинальный расход воздуха для двигателей НБ-412М составляет 110 *м*³/*мин* при статическом напоре в коллекторной камере 115 *мм вод. ст*,. для двигателей НБ-406Б—95 *м*³/*ч* при напоре 65 *мм вод. ст.*; для двигателей НБ-411 и ДПЭ-400А—

78 *м³/мин* при напоре 48 *мм вод. ст.* Испытание машин при недостаточном количестве охлаждающего воздуха или без подачи его, как исключение, допускают только после пропиточного ремонта в депо в течение более короткого времени, причем режим такого испытания утверждает МПС.

Испытание тяговых двигателей ЭДТ-200 проводят в течение 1 *ч* при токе 760 *а*, напряжении на коллекторе 275 *в* без подачи вентиляционного воздуха при открытых люках. Испытание на нагрев главных генераторов МПТ-99/47 проводят в течение 4 *ч* при токе 2460 *а* и напряжении на коллекторе 550 *в* при 850 *об/мин*. Допустимо также испытание главных генераторов в режиме короткого замыкания при токе 2460 *а* с использованием пусковой обмотки, ток которой должен быть в пределах 400—500 *а*. По окончании времени испытаний под нагрузкой машину останавливают и измеряют сопротивление обмотки якоря, главных и дополнительных полюсов, температуру коллектора и подшипников. Для измерения температуры шарик термометра, обернутый фольгой, прикладывают к коллектору или подшипнику, закрывают асбестом и выдерживают в таком положении 5—7 *мин* Температуру коллектора и подшипников можно также измерять термопарами. Допускаемое превышение температуры обмоток тяговых двигателей и вспомогательных машин над температурой окружающего воздуха в конце испытаний на нагрев при часовом или другом кратковременном режиме, измеренное по методу сопротивления, не должно превышать значений, указанных в табл. 39.

Превышение температуры (Θ в °С) обмоток электрических машин над температурой окружающей среды.

$$\Theta = \frac{r_н - r_х}{r_х}(235 + t_х) + (t_х - t_в),$$

где $t_в$ — температура охлаждающего (окружающего) воздуха во время испытания;

$t_х$ — температура обмотки в холодном состоянии;

$r_х$ — сопротивление обмоток в холодном состоянии;

$r_н$ — сопротивление обмоток в нагретом состоянии в конце испытания.

Таблица 39

Место установки машины на электроподвижном составе	Обмотка	Допустимое превышение температуры в °С для класса изоляции		
		А	В	Н
Под кузовом . . .	Якоря	100	120	155
	Полюсов	100	130	155
В кузове	Якоря	90	110	145
	Полюсов	90	110	145

При этом согласно ГОСТ 2582—50 и 8865—58 установлены следующие допустимые превышения температуры обмоток машин над температурой окружающего воздуха +25°С для машин, расположенных под кузовом, и +35°С для машин, расположенных в кузове локомотива.

Допустнмые превышения температуры коллектора и подшипников электрической машины даиы в табл. 40.

Таблица 40

Место установки машины на электроподвижном составе	Допустимое превышение температуры в °С	
	коллектора	подшипников
Под кузовом	95	55
В кузове	85	45

Если при испытании машин на нагревание выявлен чрезмерный перегрев обмотки якоря, то для выяснения его причин проверяют чистоту вентиляционных каналов, количество подаваемого воздуха, сопротивление обмотки, чистоту и отсутствие межламельных замыканий коллектора. При перегреве полюсных катушек их проверяют на межвитковые замыкания.

Проверка скорости вращения машины. После испытания на нагреваиие проверяют скорость вращения машииы, которую измеряют тахометром или тахогенератором при номинальных значениях напряжения и тока

нагрузки. Затем машину останавливают, изменяют направление вращения и повторяют проверку при вращении якоря в противоположную сторону. Допускаемое отклонение скорости вращения от номинальной не должно превышать ±4% для тяговых двигателей электровозов, ±5% для тяговых двигателей электропоездов и тепловозов и ±6% для вспомогательных машин. Разность между скоростями вращения тягового двигателя в одном и другом направлении при номинальном токе и возбуждении не должна быть более 4% среднеарифметического значения обеих скоростей вращения для машин с волновой обмоткой и 3% для машин с петлевой обмоткой якоря.

Для проверки номинального напряжения генераторов устанавливают номинальные скорости вращения, ток нагрузки и ток возбуждения и измеряют величину рабочего напряжения. Отклонение напряжения генераторов мощностью до 100 *квт* включительно от номинального значения при этих условиях не должно превышать ±10%, а для генераторов большей мощности ±5%. При отклонении от указанных норм выясняют причины и устраняют обнаруженные неисправности. Скорость вращения можно регулировать, изменяя величину воздушного зазора между полюсами и якорем, устанавливая для этого между сердечниками полюсов и остовом специальные прокладки.

Испытание на повышенную скорость вращения. В условиях эксплуатации тяговых электрических машин возможны случаи работы при скоростях выше номинальных. Для определения механической прочности отдельных узлов машин их испытывают без нагрузки при скорости вращения на 20% выше максимально допустимой скорости для данного типа электромашин. При этой скорости машина должна выдерживать работу в течение 2 *мин* и после этого не иметь повреждений, препятствующих нормальной эксплуатации: размотки или ослабления проволочных бандажей, ослабления коллекторных пластин (определяемого по стуку щеток), повреждений подшипников и т. п.

Проверка коммутации. В процессе такой проверки устанавливают класс искрения на коллекторе при наиболее тяжелых режимах работы машины. Электрические машины должны иметь удовлетворительную коммута-

цию при всех токах, соответствующих рабочим характеристикам машин для обоих направлений вращения. Коммутацию проверяют при режимах, указанных в табл. 41.

Таблица 41

Тип машины	Режим	Условия испытания			
		Напряжение	Ток якоря	Скорость вращения	Ток возбуждения
Тяговые двигатели	I	Номинальное	Двойной часовой	—	Соответствующий номинальной мощности
	II	Максимальное напряжение на коллекторе при максимальном напряжении на токоприемнике ЭПС (ГОСТ 6962—54)	—	Максимально гарантированная в эксплуатации	Минимальный, соответствующий последней ступени ослабления поля двигателя
Вспомогательные машины	I	Номинальное	1,5 номинального	—	—
	II	1,5 номинального	—	Пуск 5 раз подряд	—

Класс коммутации при контрольных испытаниях электрических машин оценивают визуально по степени искрения под сбегающими краями щеток. Нормами согласно ГОСТ 183—55 установлены 5 степеней искрения, называемых классами коммутации:

1 — искрение отсутствует (темная коммутация);

$1^1/_4$ — слабое точечное искрение под небольшой частью щетки примерно у одной четверти щеток;

$1^1/_2$ — слабое искрение под большей частью щеток примерно у половины щеток;

2 — искрение под всем краем щеток;

3 — значительное искрение под всем краем щеток с наличием крупных вылетающих искр.

Для тяговых двигателей допустимы следующие степени искрения: 1, $1^1/_4$ и $1^1/_2$.

Исследованиями, проведенными Омским институтом железнодорожного транспорта (ОМИИТ) и ЦНИИ МПС, установлено, что одна из причин неудовлетвори-

тельной коммутации тяговых двигателей — неточная установка щеточного аппарата и нарушение геометрии магнитной системы.

В процессе ремонта на заводах и в депо установку щеток контролируют бумажной лентой, протянутой по

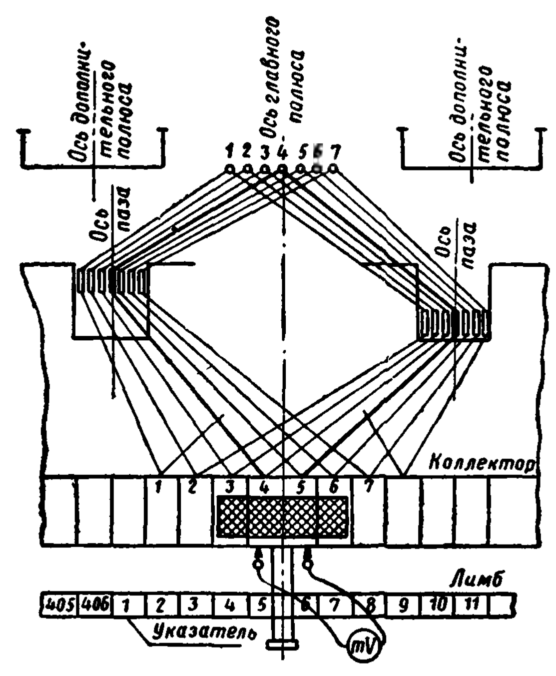


Рис. 215. Схема проверки положения щеток на коллекторе тягового двигателя НБ-406

рабочей поверхности коллектора под всеми щеткодержателями. На ленте отмечают положение щеток, после чего уточняют их расположение относительно главных и дополнительных полюсов.

В депо Московка Западно-Сибирской дороги для этого пользуются приспособлением, которое состоит из диска с делениями, укрепленного на подшипниковом щите двигателя со стороны коллектора, и указателя, закрепленного на валу двигателя. Диск (лимб) разбит на деления по числу коллекторных пластин. Схема проверки положения щеток на коллекторе тягового двигателя НБ-406 приведена на рис. 215.

Источник тока — два последовательно соединенных аккумуляторных элемента — включают на концы *К* и *КК* двигателя, а к концам *Я* и *ЯЯ* присоединяют милливольтметр. Зажим с проводами от прибора закрепляют на конусе коллектора. Эти провода присоединяют к двум коллекторным пластинам, а якорь устанавливают так, чтобы миканитовая пластина между ними оказалась под щетками первого щеткодержателя. Затем

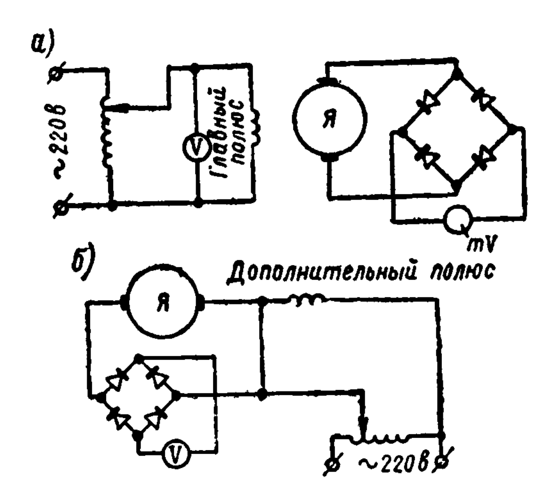


Рис. 216. Схема проверки положения щеток относительно магнитной системы тяговых двигателей:

а — главных полюсов, б — добавочных полюсов

поднимают щетки и в обмотку добавочных полюсов подают импульсы тока. Поворачивая якорь в ту или другую сторону, добиваются наименьшего отклонения стрелки прибора. Найденные таким образом 7 проводников катушек обмотки находятся в одной паре пазов якоря, расположенных на нейтралях. Пользуясь лимбом, проверяют положение других нейтралей.

На ТЭВЗе и других заводах положение щеток на коллекторе относительно главных полюсов двигателя проверяют по схеме, приведенной на рис. 216, *а*. На обмотку главных полюсов подают напряжение от сети переменного тока 220 *в*, которое регулируют реостатом до 36 *в*. Через выпрямитель к пластинам коллектора под разноименными щетками присоединяют милливольт-

метр с пределом измерения до 1 *в*. Затем якорь медленно поворачивают в обе стороны. При точном расположении щеток на геометрической нейтрали якоря э.д.с. небаланса равна нулю (допустимые отклонения до 500 *мв*). За направление смещения щеток с нейтрали принимают такое направление вращения якоря при замере, при котором показания прибора будут минимальными. Положение нейтрали относительно добавочных полюсов проверяют аналогично (рис. 216, *б*), только применяют прибор на 15 *в*.

Положение траверсы относительно нейтрали для вспомогательных машин определяют индукционным методом. На обмотку возбуждения подают питание от аккумуляторной батареи через ограничительное сопротивление, к зажимам якоря присоединяют милливольтметр на 45—60 *мв* и выполняют замыкание и размыкание цепи, питающей обмотку возбуждения. Стрелка прибора при этом отклонится вправо или влево. Положение траверсы, при котором эти отклонения наименьшие, соответствует нейтральной зоне.

Обычно при степени искрения 2, на коллекторе появляются следы почернения, не устраняемые протиранием спиртом или бензином, и следы подгара щеток, а при степени искрения 3 почернение пластин коллектора становится значительным, щетки сильно подгорают и разрушаются. Степень искрения (класс коммутации) записывают в протокол испытания. По окончании испытаний на машине не должно быть механических повреждений или следов кругового огня, а коллектор должен быть пригодным к дальнейшей работе без чистки или какого-либо исправления.

Опыт испытания тяговых машин после изготовления и заводского ремонта показывает, что существующий метод визуальной оценки степени искрения несовершенен, так как результаты зачастую зависят от субъективных качеств наблюдателя. В последнее время в ОМИИТе и НИИЭПе разработаны и созданы приборы-индикаторы искрения, которые объективно оценивают коммутацию, позволяют выполнять отладку и регулировку машин.

В случае недопустимого искрения на коллекторе в первую очередь проверяют соответствие марки и размеров щеток чертежам, а также правильность установ-

ки самих щеток в щеткодержателе, притертость их по рабочей поверхности, работу нажимного механизма и величину нажатия на щетки. Если в процессе испытаний притирают щетки, то после этого коллектор очищают от загрязнений, а при необходимости шлифуют электрокорундовой бумагой № 16—25 и тщательно продувают сухим сжатым воздухом. При наличии следов переброса электрической дуги и крупных повреждений коллектор протачивают и шлифуют на станке, для чего разбирают машину. Проверяют также, не вызвано ли искрообразование на коллекторе вибрацией динамически неуравновешенного якоря, эксцентричным положением якоря в остове машины или неисправностями подшипников. При биении коллектора и в случае ослабления его запрессовки, что определяют по виду коллекторных пластин и по стуку щеток, коллектор протачивают с выверкой центров якоря или нагревают якорь в печи и подпрессовывают комплект пластин, а затем протачивают.

Кроме того, проверяют также состояние обмоток якоря и полюсных катушек, полярность и последовательность соединений катушек в остове, а также соответствие диамагнитных прокладок чертежу. Выявив и устранив причины недопустимого искрения на коллекторе, испытания по проверке коммутации машины повторяют полностью, при удовлетворительных результатах считают ее по коммутации пригодной к эксплуатации.

Проверка сопротивления и электрической прочности изоляции. Состояние электрической изоляции машины— основной фактор, определяющий надежность ее работы в эксплуатации; его оценивают и по величине сопротивления, и по уровню пробивного напряжения. Сопротивление изоляции измеряют сразу же после проверки коммутации при температуре обмоток, близкой к максимально допустимой. Величина сопротивления изоляции полностью собранной электрической машины, измеренная мегомметром за 60 *сек* приложения напряжения, для машин с изоляцией по отношению к корпусу на 3000 *в* должна быть не менее 3 *Мом*, для машин на 1500 *в* — не менее 1,5 *Мом* и для машин ниже 100 *в*— не менее 0,5 *Мом*.

После проведения испытаний на нагревание, повышенную скорость, коммутацию и измерения сопротив-

ления изоляции проверяют электрическую прочность изоляции обмоток машины относительно корпуса и между обмотками повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты. Источником высокого напряжения обычно служит однофазный повышающий трансформатор НОМ-15, имеющий плавную регулировку напряжения на первичной стороне, который подключают к сети 220/380 *в*.

Испытанию высоким напряжением подвергают сразу все обмотки машины или поочередно каждую электрически независимую цепь обмоток якоря, главных и дополнительных полюсов. При этом один из высоковольтных выводов трансформатора подключают к корпусу машины, а другой — к выводам испытываемой обмотки. Испытания начинают с напряжения, не превышающего одной трети испытательного, и плавно поднимают его. Время повышения напряжения от половинного до полного значения должно соответствовать не менее 10 *сек*. Полное испытательное напряжение по табл. 42 выдерживают в течение 60 *сек*, затем плавно снижают на две трети и отключают.

Таблица 42

Расчетное напряжение для изоляции обмоток относительно корпуса в *в*	Величина испытательного напряжения в *в*		
	при изготовлении	при заводском ремонте	
		со сменой изоляции	без смены изоляции
3000	7600	7000	6000
1500	4200	4000	3000
Ниже 100	1500	1500	750

Машину считают годной к эксплуатации, если при испытаниях не было пробоя изоляции и перебросов дуги на корпус. Явление короны во время испытания допустимо и не является показателем несоответствия изоляции нормам. Следует отметить, что международные правила для тяговых двигателей и вспомогательных машин электроподвижного состава устанавливают более высокое испытательное напряжение:

$$U_{исп} \geqslant 2{,}25 U_{ном} + 2000 в.$$

Для повышения качества и надежности выпускаемых из ремонта электромашин на МЭМРЗ пересмотрены нормы испытаний узлов на электрическую прочность изоляции и приближены к нормам МЭК.

70. ИСПЫТАНИЯ МОТОР-КОМПРЕССОРОВ

Двигатели компрессоров обычно испытывают одновременно с компрессорами. Режимы испытания этих двигателей определяют режимами испытания компрессоров. Нагрузку компрессора регулируют, изменяя противодавление. При контрольных испытаниях компрессоров проверяют производительность и утечку воздуха из компрессора, а двигатель испытывают на нагревание, повышенную скорость вращения и проверяют коммутацию при двух режимах.

Стенд для испытания мотор-компрессоров оборудуют системой трубопроводов, соединяющих компрессор с воздушными резервуарами и пневматической сетью завода или депо. Подготовленные к испытаниям двигатель и компрессор устанавливают на плите стенда, закрепляют и присоединяют трубопровод. Все соединения воздуховодов должны быть надежными и не иметь утечек воздуха.

После проверки надежности крепления деталей, состояния коллектора и щеточного узла измеряют сопротивления обмоток якоря и полюсных катушек двигателя. При открытых крышках двигателя и картера компрессора опробовают пуск без нагрузки компрессора, поддерживая минимальную скорость вращения якоря. Затем закрывают крышки и, повышая напряжение, доводят скорость холостого хода до номинальной величины и испытывают компрессор без противодавления в течение 30 *мин*. При этом не должно быть недопустимого нагрева трущихся частей, ударов, ненормального шума и искрения щеток.

Для испытания мотор-компрессора под нагрузкой соединяют клапанную коробку компрессора с воздушным резервуаром. При номинальных значениях напряжения и скорости вращения и противодавлении 8 *ат* мотор-компрессор испытывают в течение 1 *ч*. Каждые 15 *мин* проверяют температуру клапанной коробки, ци-

линдров, всасываемого и нагнетаемого воздуха и ведут наблюдение за нагревом подшипников, полюсных катушек, коммутацией, утечкой воздуха и масла из картера компрессора. После этого измеряют сопротивление обмоток якоря и полюсных катушек, а также температуру коллектора, цилиндров, клапанной коробки и подшипников. Нагрев цилиндров компрессора должен быть не более 90—100°С, клапанной коробки —160—180°С, а превышение температуры подшипников над температурой окружающей среды — не более 55°С.

Далее проверяют производительность компрессора, одновременно контролируя коммутацию двигателя при повышенной скорости вращения. Производительность компрессора при противодавлении 8 *ат* и номинальной скорости вращения должна быть не ниже значений, приведенных в табл. 43. При проверке компрессора на утечку устанавливают время, в течение которого происходит заданное падение давления в резервуаре установки.

Таблица 43

Тип компрессора	Производительность в *л/мин* (не менее)		
	нового	после заводского ремонта	после деповского ремонта
Э-400	700	700	685
ЭК-7	700	700	685
Э-500	1750	1750	1675
КТ-6	3000	3000	2875

Мотор-компрессор испытывают на перегрузку в течение 5 *мин* при номинальном напряжении и противодавлении 10 *ат*. Коммутацию проверяют при пятикратном пуске, максимальном напряжении и нормальном противодавлении 8 *ат*. Испытание при скорости вращения на 20% выше номинальной проводят на холостом ходу в течение 2 *мин*. Для этого отсоединяют компрессор от воздушного резервуара, снимают клапанную коробку и включают двигатель. Стендовые испытания мотор-компрессоров заканчивают проверкой сопротивления и электрической прочности изоляции согласно ГОСТ 2582—50 и 183—55.

После испытания тяговый двигатель или вспомогательную машину подвергают внешнему осмотру, при котором проверяют состояние коллектора, щеток, фарфоровых изоляторов, миканитового конуса, чехлов, бандажей и пр. Вторично прослушивают работу подшипников, щеток и измеряют биение коллектора. Подшипники и щетки должны работать без стука, а биение коллектора не должно превышать нормы.

Машину, которая не требует каких-либо исправлений после испытания и удовлетворяет техническим нормам, считают пригодной к эксплуатации. Результаты стендовых испытаний записывают в протокол, который вместе с паспортом машины отправляют в локомотивное депо.

Прошедшие испытания и годные к эксплуатации тяговые двигатели и вспомогательные машины передают в цех для отделки, комплектования, консервации и подготовки к отгрузке потребителям.

Правила работы и техника безопасности. При работе на испытательной станции по испытанию тяговых электрических машин необходимо строго соблюдать правила электробезопасности. К работе на стендах испытательной станции допускают только лиц, у которых проверено знание правил техники безопасности. Все работники испытательной станции должны иметь соответствующую квалификационную группу на право работать в установках высокого напряжения.

Обязательным условием при работе на испытательной станции является выполнение следующих правил проведения работ:

перед началом испытаний машину подвергают тщательному внешнему осмотру и проверке электрической прочности изоляции;

объект испытания (машину) располагают так, чтобы находящиеся под напряжением части оказались со стороны, противоположной ходу, и был обеспечен ее удобный обзор;

руководитель работ проверяет цепи; все места соединения проводов должны быть тщательно изолированы;

проверяют исправность оборудования (муфт, реостатов, коммутирующей аппаратуры и т. д.) и блокировок безопасности;

заземляют все части машины, нормально заземленные при работе;

выставляют ограждения и вывешивают плакаты, обеспечивающие безопасность проведения работ;

во время испытаний категорически запрещено: оставлять без присмотра находящуюся под напряжением машину и все соединения цепей; заниматься работой, непосредственно не относящейся к данным испытаниям;

при ликвидации загораний предварительно обесточивают цепи, после чего пользуются только сухими огнетушителями;

при испытании на диэлектрическую прочность машину ограждают особенно тщательно, причем сигнализация должна действовать во все время испытаний, а лица, проводящие испытания, обязаны работать в резиновых перчатках и галошах;

после окончания испытания тщательно осматривают испытанную машину; отключают питающие генераторы, причем вначале вводят полностью реостаты возбуждения, после чего отключают силовые цепи; разбирают цепи и убирают испытываемую машину с территории испытательной станции и осматривают оборудование, использованное в процессе испытаний; убирают приборы и соединительные провода в специально отведенное для их хранения место.

Испытания электрических машин имеют исключительно важное значение для повышения качества продукции ремонтных заводов и совершенствования технологических процессов. Их проводят в строгом соответствии с государственными стандартами и техническими условиями, применяя современные измерительные приборы высокой точности.

На ремонтных заводах много внимания уделяют совершенствованию методики испытаний машин, стремясь еще больше приблизить условия испытаний к наиболее трудным условиям эксплуатации и повысить тем самым качество и надежность выпускаемых машин.

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Слюдяные материалы

Слюда щипаная ГОСТ 3028—64. По химическому составу слюда разделяется на мусковит (калиевая слюда) и флогопит (магнезиально-железистая слюда). Мусковиты обычно бесцветны или имеют слабый розовый и зеленый цвета. Флогопиты чаще имеют коричневую окраску, переходящую в зеленоватую и черную. Щипаная слюда в виде тонких пластинок произвольных очертаний имеет девять номеров: 50, 40, 30, 20, 15, 10, 6, 4 и 0,5; номер слюды соответствует площади пластинок в квадратных сантиметрах. По толщине пластинок слюда делится на четыре группы:

Группа	Толщина в *мк*
I	10—20
II	20—30
III	5—35
IV	5—45

Щипаную слюду применяют для изготовления миканитов, миленты и других аналогичных изоляционных материалов. По характеру поверхности пластинок и количеству минеральных включений слюда подразделяется на три сорта.

Слюда мусковит по ВТУ 28—53. Обрезанную по шаблону в виде пластинок прямоугольной формы и калиброванную по толщине от 20 до 60 *мк* без сортировки по группам слюду применяют для изолирования резьбовых втулок от корпусов кронштейнов щеткодержателей тяговых двигателей.

Миканит коллекторный выпускают марок КФ-1 и КФ толщиной 0,8; 1; 1,2 и 1,4 *мм* ГОСТ 2196—60. Его изготавливают из легко истирающейся слюды флогопит на глифталевом или шеллачном лаке. Усадка миканита марки КФ-1 по толщине при температуре 20°С и постепенном повышении давления до 600 *кГ/см*² должна составлять не более 7%, а миканита марки КФ — не более 9%. Усадка при давлении 600 *кГ/см*² и постепенном повышении температуры от 20 до 160°С не должна превышать соответственно 1,4 и 2,5%. Миканит марок КФ-1 и КФ применяют для изолирования коллекторных пластин друг от друга.

Миканит прокладочный листовой ГОСТ 6121—60 выпускают толщиной от 0,5 до 2 *мм*. Его изготавливают из мусковита или флогопита мелких номеров или их смеси на глифталевом или шеллачном лаке. Миканит твердый, очень хрупкий при изгибе, калиброванный и не калиброванный по толщине. Применяют для изготовления плоских, не подвергающихся изгибу изоляционных прокладок (пазовая изоляция обмотки якоря) и различных шайб.

Миканит формовочный листовой ГОСТ 6122—60. Изготавливают толщиной от 0,1 до 0,5 *мм* из щипаной слюды мусковит или флогопит на глифтале или шеллаке в качестве связующего. При комнатной температуре тверд и хрупок, при нагревании приобретает эластичность и способность принимать ту или иную форму. Для электрических машин, работающих с повышенным нагревом, применяют миканит с пониженным содержанием связующего (8–14%), что отмечено буквой А в обозначении марки. Например, обозначение ФМГ1А означает: формовочный миканит из мусковита на глифтале калиброванный с пониженным содержанием связующего. Применяют для изготовления коллекторных манжет, конусов, миканитовых фланцев, цилиндров, трубок и других фасонных изделий.

Миканит формовочный прессованный нагревостойкий марок ФМГК и ФФГК. По ТУ ОИИ 503.059—54 изготавливают из щипаной слюды мусковит или флогопит, склеенной кремнийорганическим лаком К-40. Применяют в электрических машинах нагревостойкого исполнения. Согласно ТУ миканит сохраняет формуемость в нагретом состоянии в течение трех месяцев со дня отправки с завода-изготовителя.

***Миканит гибкий* ГОСТ 6120—61.** Изготавливают из слюды мусковит или флогопит группы I и II; в качестве связующего применяют глифтале-масляный лак № 1159 или битумно-масляные лаки № 441 и 462К. Сохраняет гибкость при комнатной температуре в течение не менее 60 дней с момента изготовления. Миканиты выпускают прессованные (в обозначении марки миканита отмечено цифрой 2, например ГМС-2) и непрессованные (в марке отмечено цифрой 3). При ремонте электрических машин применяют только прессованные гибкие миканиты толщиной от 0,15 до 0,5 *мм* для изолирования скобочек, соединяющих полукатушки разрезных обмоток тяговых двигателей ДПЭ-340, ДПЭ-400 и НБ-411, нажимных шайб якоря перед укладкой обмотки, в качестве межслойной изоляции (между нижними и верхними полукатушками) и подбандажной изоляции.

Гибкий стекломиканит. Изготавливают на глифтале-масляном лаке. В отличие от гибкого миканита с одной или двух сторон он оклеен бесщелочной стеклотканью. Поставляют стекломиканит в листах размером 670×870 *мм*. Согласно ВТУ ОИИ 503.038—53 выпускают двух марок: ГСФ1 и ГСФ2 из слюды флогопит.

Гибкий специальный миканит марки ГФК. Изготавливают по ВТУ МЭП ОАА 603.003—53 на кремнийорганическом лаке марки ЭФ-5. Обладает повышенной нагревостойкостью. Так же как и обычный гибкий миканит, сохраняет гибкость в холодном состоянии не менее 60 суток со дня отправки с завода-изготовителя.

Гибкий нагревостойкий стекломиканит. Отличается от гибкого специального тем, что оклеен с двух сторон бесщелочной стеклотканью. По ВТУ МЭП ОАА 503.008—53 выпускают из слюды флогопит и кремнийорганического лака ЭФ-5 двух марок: С2ГФК1 и С2ГФК2.

Микафолий марок ММГ, ММШ, МФГ, МФШ ГОСТ 3686—47. Обладает способностью формоваться в нагретом состоянии и сохранять приданную форму по охлаждении, как и формовочный

миканит. Изготавливают толщиной 0,15—0,2 *мм* из щипаной слюды мусковит или флогопит на глифталевом или шеллачном лаке. Поставляют в рулонах шириной не менее 400 *мм*.

Слюдиниты. Группа электроизоляционных материалов в виде бумаги и картона, получаемая из непромышленных отходов слюды мусковит. Из слюдинитовых картонов изготавливают коллекторный и прокладочный слюдиниты, из слюдинитовых бумаг — гибкий, формовочный и ленточный слюдиниты с применением органических и кремнийорганических связующих. В качестве подложек слюдинитов применяют бумагу, ткани, стеклоткани и др. Завод МЭМРЗ выпустил из заводского ремонта несколько вспомогательных машин с коллекторной изоляцией из слюдинита. Слюдинит имеет незначительную механическую прочность, сравнительно легко истирается, поэтому коллектор со слюдинитовой изоляцией не требует продорожки.

Микалента ГОСТ 4268—65. Отличается гибкостью в холодном состоянии. Склеена на глифтале-масляном или битумно-масляном лаке из пластинок щипаной слюды мусковит или флогопит размером от № 50 до 20 группы I или II в один слой с перекрытием на одну треть. Микаленты всех толщин, за исключением 0,08 *мм*, с обеих сторон имеют подложку из микалентной бумаги. Для изолирования катушек якорных и полюсных обмоток употребляют микаленту шириной от 12 до 35 *мм* и толщиной от 0,08 до 0,17 *мм*. При ремонте тяговых двигателей применяют в основном микаленту марок ЛФЧ-Б; ЛФЧ-ББ; ЛМЧ-ББ.

Стекломикалента специальная ГОСТ 4268—65. Состоит из одного слоя щипаной слюды флогопит, склеенного лаком ЭФ-5 с бесщелочной стеклотканью с одной или двух сторон. Выпускается толщиной 0,08 и 0,15 *мм* при стеклотканевой подложке с одной стороны и толщиной 0,10 и 0,22 *мм* при оклейке стеклотканью с двух сторон. Поставляют в виде листов и в рулонах.

Бумажные и текстильные материалы

Микалентная бумага ГОСТ 6500—61. Из длинноволокнистого хлопка в рулонах шириной 450 и 900 *мм*. Средняя толщина бумаги 20 *мк*. Механическая прочность бумаги вдоль волокон не менее 2,4 *кГ* для полоски шириной 15 *мм*. Бумага хорошо пропитывается клеящим лаком. Применяют в качестве подложки при изготовлении микалент.

Электроизоляционные картоны марок ЭВТ, ЭВС и ЭВ ГОСТ 2824—61. Электрокартоны марок ЭВТ и ЭВС толщиной 0,1—0,5 *мм* поставляют в рулонах, при толщине от 1 до 2 *мм* — в листах. При ремонте тяговых электрических машин электрокартон широко применяют для различных прокладок: между полюсами и катушками, под проволочными бандажами якоря, для крепления кабелей к остову и т. д.

Киперная лента ГОСТ 4514—48. Представляет собой электроизоляционную хлопчатобумажную саржевого переплетения рулонную ленту шириной от 10 до 50 *мм* и толщиной 0,45 *мм*. При ремонте и изготовлении тяговых двигателей и вспомогательных машин

применяют главным образом в качестве верхнего защитного слоя изоляции катушек, межкатушечных соединений и т. д.

Тафтяная лента ГОСТ 4514—48. Представляет собой хлопчатобумажную полотняного переплетения ленту толщиной 0,25 мм и шириной от 10 до 30 *мм*. Применение то же, что и киперной ленты.

Ткань из натурального шелка-эксцельсиора ГОСТ 2481—64. Ввиду малой толщины и высокой механической прочности ее применяют для изготовления шелкослюдяной изоляции.

Миткаль суровый ГОСТ 7138—54, бязь отбельная ГОСТ 6639—53. Хлопчатобумажные ткани, применяемые в качестве защитного временного бандажа при компаундировании полюсных катушек.

Полотно суровое, артикул № 351, ОСТ 30230—40. Применяют как защитную верхнюю изоляцию задних лобовых частей обмоток якорей электрических машин.

Шпагат крученый ГОСТ 5107—49. Употребляют как заполнитель пустот при обмотке якорей и в качестве бандажей для крепления кабелей к остову.

Изделия из асбестового волокна

Шнур крученый асбестовый ГОСТ 1779—55. Изготавливают из хризотилового асбестового волокна путем скручивания одиночных нитей или ровниц. Диаметр шнура от 3 до 25 *мм*. Применяют для различных уплотнений и заполнения полостей.

Бумага асбестовая ГОСТ 2630—44. В листах и рулонах. Рулонную теплоизоляционную бумагу изготавливают шириной 670, 950 и 1150 *мм* и толщиной 0,3; 0,4; 0,5; 0,65 и 1 *мм*. Электроизоляционную асбестовую бумагу марки А изготавливают из асбестового и хлопчатобумажного волокна, бумагу марки Б — из асбестового волокна. Ширина рулона 950 *мм*, толщина бумаги 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5 *мм*. Применяют для межвитковой изоляции полюсных катушек.

Картон асбестовый ГОСТ 2850—58. Толщиной от 2 до 12 *мм*; используют как электроизоляционный материал в виде прокладок.

Лента асбестовая. Используют в качестве защитной поверхностной изоляции при изготовлении якорных и полюсных катушек электрических машин. В зависимости от назначения ленту изготавливают толщиной 0,25—0,5 *мм*, а шириной 13—38 *мм*. Для большей механической прочности в асбестовую ленту добавлено до 30% хлопчатобумажного волокна. Лента толщиной 0,5 *мм* и шириной 25 *мм* имеет разрывное усилие не менее 11 *кГ*.

Изделия из стеклянного волокна

Ткань из стеклянного волокна марки Э по ГОСТ 8481—61. Используют для изготовления стекломикаленты и стеклолакотканей, применяемых как высококачественные электроизоляционные материалы.

Лента стеклянная электроизоляционная ГОСТ 5937—56. Представляет собой рулонную ленту полотняного переплетения толщиной 0,08; 0,1; 0,15; 0,2 и 0,25 *мм* и шириной от 8 до 50 *мм*. Длина ленты в рулоне не менее 20 *м*. Используют для изолирования верхнего слоя катушек якорных обмоток электрических машин.

Стеклочулок марки АЭС (б). По техническим условиям МЛП 1503—48 — полый круглый шнур из крученых стеклянных нитей. Применяют для изолирования концов проводов якорных катушек вспомогательных машин.

Пропитанные волокнистые материалы

Лакоткани хлопчатобумажные. Светлые марок ЛХС, ЛХСМ, ЛХСС и черная марки ЛХЧ ГОСТ 2214—60. Лакоткань представляет собой гибкий электроизоляционный материал. Светлые лакоткани состоят из хлопчатобумажных тканей (перкаль Б, ткань ЭИ), пропитываемых светлыми масляными лаками, которые после высыхания образуют на поверхности ткани прочную эластичную пленку. Черные лакоткани пропитаны битумно-масляными лаками. Рулоны изготавливают длиной 700 и 1000 *мм*. Толщина лакоткани — 0,15; 0,17; 0,20; 0,24 и 0,30 *мм*. Лакоткани широко применяют в качестве изоляции лобовых частей обмоток якорей вспомогательных машин и для изолирования межкатушечных соединений тяговых двигателей и др.

Лакоткань шелковая марок ЛШС, ЛШСС ГОСТ 2214—60. Состоит из шелка-эксцельсиора, пропитанного светлыми масляными лаками; ее толщина 0,04—0,115 *мм*. Обладает повышенными диэлектрическими свойствами. Применяют для изолирования якорных катушек вспомогательных машин.

Стеклолакоткани ГОСТ 10156—62. Изготовлены на тех же лаках, что и светлые хлопчатобумажные лакоткани. Применяют для тех же целей, что и хлопчатобумажные, но превосходят их по нагревостойкости и электрической прочности.

Стеклолакоткань эскапоновая липкая марки ЛСЭЛ. Представляет собой стеклолакоткань, покрытую с обеих сторон специальным, очень вязким компаундом из синтетического каучука. В последнее время находит широкое применение в качестве заменителя слюдяной микаленты. Заводы РЭЗ и МЭМРЗ используют липкую эскапоновую ленту для изолирования якорных и полюсных катушек тяговых двигателей типов ДК-106, ДК-103, УРТ-110, НБ-406 и др. При высоких электроизолирующих свойствах весьма недорога по сравнению со слюдяными материалами. Обладает высокими механическими свойствами на разрыв, что дало возможность механизировать процесс изолирования и внедрить в производство специальные станки-полуавтоматы для ее наложения.

Кремнийорганические стеклолакоткани марок ЛСК и ЛСКР ГОСТ 10156—62. Изготовлены из стеклоткани и кремнийорганических лаков. Применяют в электрических машинах с рабочей температурой 160—180°С.

Лента изоляционная прорезиненная (монтерская) ГОСТ 2162—55. Изготовлена в кругах наружным диаметром 175 *мм*. Ширина ленты 10, 15 и 20 *мм*, толщина 0,2 и 0,3 *мм*. Имеет незначи-

тельное применение при ремонте электрических машин для изолирования поврежденных проводов и кабелей.

Бумага бакелизированная ВТУ ОИИ 503.031—53. Изготавливают двух видов — пропитанную и лакированную. Применяют для изолирования пальцев щеткодержателей.

Чулки лакированные. Представляют собой пропитанные электроизоляционными лаками хлопчатобумажные, шелковые или стеклянные полые шнуры с внутренним диаметром 1—8 *мм*. Применяют в качестве изоляции и защиты выводных концов и проводов катушек вспомогательных машин.

Электроизолирующие смолы

По химическому строению электроизолирующие смолы представляют собой органические высокомолекулярные аморфные вещества (полимеры) природного и синтетического происхождения. Смолы применяют в качестве изоляции в чистом виде (капрон, полиэтилен) или они служат основой для приготовления различных лаков (глифталь, шеллак и др.). Электроизолирующие смолы по своим физическим свойствам делят на две группы — термопластичные и термореактивные.

Термопластичные смолы обладают тем свойством, что при нагревании до расплавления они после охлаждения и застывания сохраняют способность размягчаться при повторных нагреваниях и растворяться в растворителях. Термореактивные смолы при нагревании до определенной температуры запекаются и изменяют свои свойства: теряют способность размягчаться при повторных нагреваниях и становятся нерастворимыми.

Шеллак. Природная смола животного происхождения, которую добывают в странах Юго-Восточной Азии. Имеет вид чешуек от светло-лимонного до темно-оранжевого цвета. Хорошо растворяется в спирте, частично в ацетоне (до 70%) и эфире (до 20 %). В бензоле и бензине не растворяется. Температура плавления около 80°С. Шеллак употребляют для приготовления клеящих лаков. В настоящее время в электропромышленности шеллак как дефицитный материал почти вытеснен синтетическими смолами.

Канифоль ГОСТ 797—64. Хрупкая смола светло-оранжевого цвета, получаемая отгонкой жидких составных частей (скипидара) из смолы (живицы) деревьев хвойных пород. Хорошо растворяется в спирте, скипидаре, бензоле, бензине, а также в нефтяных маслах (особенно при подогреве). Температура размягчения около 70°С, температура полного расплавления 100—110°С. Применяют для приготовления пропиточных лаков и компаундов.

Глифталь. Синтетическая термореактивная смола, обладающая хорошей пластичностью и большой клейкостью. Растворима в ацетоне и спирто-бензольной смеси. Запеченная смола весьма устойчива к действию растворителей. Широко применима при изготовлении различных изоляционных лаков.

Бакелитовая смола. Продукт конденсации фенола, формальдегида и аммиака. Отвердевает при температуре 150°С. Применима для электроизоляционных лаков и пресспорошков.

Кремнийорганические (полиорганосилоксановые) смолы. Обладают очень высокой нагревостойкостью (допускают длительную рабочую температуру до 180—200°С), высокой влагостойкостью, озоностойкостью и дугостойкостью. Их цвет от бледно-желтого до коричневого. Растворяются в спиртах, бензоле, толуоле, ксилоле, ацетоне. Растворы смол используют в качестве пропитывающих, клеящих и покровных лаков.

Эпоксидные смолы. Обладают высокими механическими и диэлектрическими свойствами. Лаки, приготовленные на основе эпоксидных смол, имеют высокие клеящие свойства. Эпоксидная смола ЭД-6 (ВТУ 646—55) — прозрачная, вязкая от светло-желтого до светло-коричневого цвета. Ее применяют в качестве клея и заливочного компаунда при ремонте электрических машин.

Лак полиэфироэпоксидный ПЭ-933 (бывший ЭТР-5), ТУ СТУ 104.326—63. Представляет собой раствор в органических растворителях продукта поликонденсации полиэфиров на основе терефталевой и адипиновой кислот с эпоксидными смолами ЭД-6 и Э-40. В качестве отвердителя в лак введена бутоксикрезолоформальдегидная смола РБ. Разбавитель — толуол. Продолжительность высыхания лаковой пленки при температуре 150—160°С не более 2 *ч*, при комнатной — 30 *ч*. Электрическая прочность пленки не менее 80 *кв/мм* при 20°С. Лак ПЭ-933 используют для пропитки обмоток электрических машин с изоляцией класса нагревостойкости F, а также для пропитки стеклобандажной ленты ЛСБ-F.

Лаки

По характеру применения существуют три основные группы лаков: пропиточные, покровные и клеящие. По режиму сушки различают электроизоляционные лаки горячей (печной) сушки и холодной (воздушной) сушки. По химическому составу электроизоляционные лаки бывают маслосодержащие, смоляные и эфироцеллюлозные. Маслосодержащие лаки, наиболее широко применяемые в электропромышленности, содержат высыхающие растительные масла (льняное, тунговое) и природные или синтетические смолы (шеллак, канифоль, глифталь и др.) или битумы. Смоляные лаки представляют собой раствор искусственных или естественных смол в соответствующих растворителях.

Лак БТ-95 (старое обозначение № 441) ГОСТ 8016—56. Масляно-битумный без сиккативов клеящий лак черного цвета. Длительное время сохраняет клейкость и эластичность. Растворитель и разбавитель лака — смесь уайт-спирита с толуолом или бензином. Время сушки при температуре 110°С составляет 16 *ч*, а при температуре 20° — не менее 120 *ч*. Применяют эти лаки в основном для клейки микаленты и гибких миканитов.

Лак № 447 ГОСТ 6244—52. Масляно-битумный пропиточный лак черного цвета горячей сушки. Представляет собой смесь равных количеств лаков № 458 и 460. Время сушки при температуре 110°С — 6 *ч*. Применяют для пропитки обмоток тяговых электрических машин.

Лак № 458 ГОСТ 6244—52. Пропиточный масляно-битумный лак черного цвета быстрой горячей сушки. Время сушки при темпера-

туре 110°С — 3 *ч*. Пленка лака теряет эластичность при нагревании, вследствие чего в чистом виде этот лак широкого применения не имеет. Его используют для приготовления лака № 447.

Лак № 460 ГОСТ 6244—52. Покровный лак, дающий прочную пленку на изоляции. Требует длительной горячей сушки. Растворитель — смесь уайт-спирита с ксилолом. Продолжительность сушки при температуре 110°С — 10 *ч*. Применяют для приготовления лака № 447.

Лак БТ-99 (старое обозначение № 462П) ГОСТ 8017—56. Покровный масляно-битумный лак черного цвета воздушной сушки. Пленка немаслостойка. Продолжительность сушки при нормальной температуре 3 *ч*. Применяют для окраски обмоток электрических машин и аппаратов. Разбавитель — сольвент каменноугольный, ксилол, бензин и др.

Лак № 462-К. Масляно-битумный клеящий лак. Растворителем служит смесь уайт-спирита с бензолом. Применяют для склеивания слоев изоляции межкатушечных соединений.

Лак № 317 ТУ МХП 1329—49. Масляно-битумный покровный лак холодной сушки. Применяют как заменитель лака БТ-99.

Лаки № 202 и 302 ВТУ МЭП 766—51 и ТУ МХП 1355—46. Светлые масляно-канифольные лаки быстрой горячей сушки. Растворитель и разбавитель — керосин. Лаковую пленку сушат несколько минут при температуре 400—500°С. Применяют для лакировки листов якорной стали тяговых электрических машин.

Лак КФ-95 (старое обозначение № 321) ГОСТ 8018—56. Пропиточный маслостойкий светлый лак горячей сушки. Растворители и разбавители — ксилол, уайт-спирит, бензин. Время высыхания при температуре 110°С — 2 *ч*. Применяют для пропитки обмоток якорей электрических машин.

Лак ГФ-95 (старое обозначение № 1154) ГОСТ 8018—56. Масляно-глифталевый светлый лак горячей сушки. Пленка лака обладает высокой маслостойкостью и дугостойкостью. Растворители — ароматические углеводороды. Время сушки при температуре 110°С — 2 *ч*. Применяют как покровный защитный лак.

Лак ФЛ-98 (АРБ-1) ВТУ КУ 506—57. Термореактивный лак, обладающий высокой пропитывающей способностью. Представляет собой раствор алкидной и резольнобутанолизированной смол в органических растворителях. Разбавитель лака — смесь ксилола и уайт-спирита в соотношении 1:1. Время высыхания при температуре 130°С — 2 *ч*. Применяют для пропитки обмоток якорей тяговых двигателей и вспомогательных машин.

Лак 1159 ТУ 16—52. Масляно-глифталевый клеящий лак. Растворитель — смесь спирта с бензолом в соотношении 1:1. Продолжительность сушки при температуре 90°С — 2 *ч*. Можно применять для клейки светлой микаленты.

Лак 1155. Представляет собой прозрачный глифталевый клеящий лак, полученный растворением глифталевой смолы в спиртобензольной или спирто-толуольной смеси. Применяют для склеивания между собой слоев миканита при изолировании сердечников якорей двигателей.

Кремнийорганические (полиорганосилоксановые) лаки ТУ МХП 2300—57. Группа электроизоляционных лаков, представляющих

собой растворы в основном полиорганосилоксановых смол в органических растворителях (смеси бензола со скипидаром в соотношении 1:1 или бензола с толуолом в таком же соотношении). Эти лаки термореактивны и нагревостойки (температура запекания 180—200°С). Лаковая пленка после запекания обладает высокой влагостойкостью и маслостойкостью. Кремнийорганические лаки применяют как клеящие при изготовлении теплостойких электроизоляционных материалов и для пропитки обмоток тяговых двигателей, имеющих рабочую температуру 160—180°С, а также в качестве покровных лаков.

Лак ЭФ-3 (разновидности ЭФ-3БС и ЭФ-3БСУ). Обладает большей пропитывающей способностью, чем битумно-масляные и глифтале-масляные лаки. Пленка лака обладает высокой влагостойкостью и нагревостойкостью. Время сушки лака при температуре 200°С — 2 *ч*.

Лак ЭФ-5 (разновидности ЭФ-5Т, ЭФ-5Б и ЭФ-5Т). Высококачественный клеящий лак.

Лак К-55. Раствор полиорганосилоксановой смолы в толуоле. Обладает пониженной температурой сушки, высокими диэлектрическими свойствами, влагостойкостью и грибостойкостью. Время сушки при температуре 150°С в течение 12 *ч*. При работе допускает кратковременные перегревы до 250°С. Применяют для пропитки обмоток электрических машин.

Лаки К-56 и К-57. Представляют собой растворы полиорганосиксановой смолы в толуоле. Свойства и назначение те же, что и лака К-55. Обладают высокой клеящей способностью. Лак К-57 выдерживает временный нагрев до 300°С.

Эмали

Эмаль ГФ-92-ГС (старое название СПД) ГОСТ 9151—59. Дугостойкая эмаль серого цвета печной сушки. Изготовлена на основе масляно-глифталевого лака. Время сушки при температуре 110°С— 3 *ч*. Растворитель и разбавитель — смесь уайт-спирита с бензолом или толуолом. Применяют для наружной окраски якорей и деталей электрических машин.

Эмаль ГФ-92-ХС (старое название эмаль СВД) ГОСТ 9151—59. Серая эмаль воздушной сушки на основе масляно-глифталевого лака с сиккативом. Растворители те же, что и для эмали ГФ-92-ГС. Время сушки при комнатной температуре около 20 *ч*. Для ускорения процесса сушки окрашенные изделия подогревают до температуры 60—70°С. Широко применяют при ремонте тяговых электрических машин для внутренней окраски остовов, подшипниковых щитов и других деталей.

Эмаль ГФ-92-ХК (старое название эмаль КВД) ГОСТ 9151—59. Дугостойкая эмаль красного цвета воздушной сушки. Изготовлена на основе масляно-глифталевого лака с добавлением сиккативов и железного сурика в качестве красителя. Время полного высыхания эмалевой пленки при 20°С—24 *ч*. Применяют для покрытия поверхностей кронштейнов щеткодержателей, миканитовых конусов коллектора, полотняного чехла передней лобовой части якоря и т. д.

Эмали № 1201 (ТУ МХП 1152—45) и 2450 (ВТУ МЭП ОАА. 504.002—53). Представляют собой дугостойкие красные нитроглиф-

талевые эмали воздушной сушки. Время сушки при 20°С—от 2 до 16 *ч*. Разбавитель — смесь бензола с этилацетатом. Применяют в тех же случаях, что и эмаль ГФ-92-ХК.

Эмали марок ПКЭ-12, ПКЭ-15, ПРКЭ-13 и др. Изготовлены на основе кремнийорганических (полиорганосилоксановых) лаков К-48, К-44, ЭФ-5Т и др. В качестве красителя добавлены двуокись титана и железный сурик. Эти эмали обладают очень высокими электроизоляционными свойствами, стойкостью к воздействию воды и масел. Время сушки при температуре 185—200°С — 2 *ч*. Растворителем эмалей служит толуол. Применяют в качестве покровных и пропиточных эмалей.

Эмали ПКЭ-19 (розовая) и ПКЭ-22 (темно-красная). Нагревостойкие покровные эмали. Представляют собой суспензию пигмента в полиорганосилоксановом лаке К-54. Пленки обладают повышенной твердостью, маслостойкостью и грибостойкостью. Температура сушки 135—140°С. Применяют для машин, работающих при 180°С и в условиях повышенной влажности.

Пластические массы

Резольные пресс-порошки марок К-21-22, К-211-2 и К-220-23 ГОСТ 5689—60. Температура прессования пресспорошков около 155°С, удельное давление при прессовании 300—350 *кГ/см*². Время прессования — 1—1,5 *мин* на 1 *мм* толщины изоляции. Пресс-порошки применяют для изготовления изоляции пальцев щеткодержателей вспомогательных электрических машин и тепловозных двигателей, а также и других изоляционных деталей.

Пластмасса марки К-6 ТУ МХП 412—42. Прессматериал из резольной смолы и асбеста. Обладает повышенной механической прочностью и нагревостойкостью. Температура прессования массы 170—180°С, удельное давление при прессовании не менее 450 *кГ/см*², выдержка в прессформе под давлением не менее 1,5 *мин* на 1 *мм* толщины изделия. Применяют для изготовления изоляции коллекторов электрических машин небольших габаритов.

Волокнит ТУМ ХП 459—41. Прессматериал резольного типа. Наполнитель — хлопковые очесы. Волокнит хорошо противостоит ударным нагрузкам. Применяют для изготовления деталей низковольтных электрических машин и аппаратов.

Стеклопластик марки АГ-4 ГОСТ 10087—62. Обладает высокими механическими и диэлектрическими свойствами, теплостоек. Прессовочный термореактивный волокнистый материал изготовлен на основе модифицированной фенолоформальдегидной смолы в качестве связующего и стекловолокна или стеклонитей в качестве наполнителя. Прессматериал АГ-4 предназначается для изготовления методом прессования изделий электротехнического и конструкционного назначения повышенной прочности, пригодных для работы при температуре от —60 до +200°С, а кратковременно (не более 1,5—2 *ч*) допустима температура перегрева до +250°С и в условиях тропической влажности. В зависимости от структуры прессматериал АГ-4 изготовляют двух марок: АГ-4В на основе спутанного бесщелочного стекловолокна, покрытого связующим, и АГ-4С на основе стеклонитей (ГОСТ 8325—61, марка НС-170/Г), собран-

ных в ленту и покрытых связующим. Обе марки желтого цвета с различными оттенками. Температура прессования пластмассы 150—160°С, удельное давление при прессовании 400—450 *кГ/см²*. Время прессования — 1 *мин* на 1 *мм* толщины наибольшего сечения изделия.

В настоящее время завод РЭЗ, люберецкий завод «Пластмасс» МПС и др. изготавливают на основе прессмассы АГ-4 кронштейны тяговых двигателей типов НБ-412, ДК-106, ДК-103, УРТ-110 и др. Кроме того, завод РЭЗ использует стеклопластик марки АГ-4С для изготовления корпусов коллекторов двигателей УРТ-110 и динамоторов ДК-604. В табл. 44 приведены основные сравнительные данные, характеризующие свойства пластмасс.

Таблица 44

Свойства	Марки пластмассы						
	К-21-22	К-211-2	К-220-23	Волокнит	К-6	АГ-4	
						В	С
Плотность в *г/см³*	1,30—1,35	—	1,29—1,35	1,35—1,45	1,84	1,7—1,9	1,7—1,9
Предел прочности при статическом изгибе в *кГ/см²*	600—715	650	600—720	500	700	1200	2500
Предел прочности при сжатии в *кГ/см²*	1900—2200	2200	1800—2000	1200	800	1300	—
Предел прочности при растяжении в *кГ/см²*	320—550	—	—	300	300—650	800	5000
Ударная вязкость в *кГ/см²*	4,5—5,5	4,2—5	4,2—6,0	9	18—20	30	150
Усадка в %	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,15	0,12
Теплостойкость по Мартенсу в °С	112—128	110—130	113—126	110	200	280	280
Электрическая прочность в *кв/мм*	13—14	13—17	13—10	2	1,1	13	13
Удельное поверхностное электрическое сопротивление в *ом/см*	8,8—10^{13}	10^{14}	1,8—10^{14}	10^7	10^7	10^{12}	10^{12}
Удельное объемное электрическое сопротивление в *ом/см*	3—10^{13}	10^{13}	3,5—10^{13}	10^7	10^6	10^{12}	10^{12}
Водопоглощаемость в %	0,11—0,12	0,15	0,06—0,09	0,4	0,8	0,2	0,2

Изодин ВТУ МЭСЭП ОИИ 503.034—53. Пластмасса из бакелизированной бумаги (в виде кусочков площадью не более 2 *см*²) с содержанием 35% бакелитовой смолы. Применяют для изолирования пальцев щеткодержателей вспомогательных машин.

Текстолит листовой электротехнический ГОСТ 2910—54. Слоистый прессованный материал. Изготавливают из тканей, пропитанных фенолоформальдегидными смолами. Обладает высокими диэлектрическими и механическими свойствами. По сравнению с гетинаксом текстолит имеет большую твердость и сопротивляемость раскалыванию. Хорошо поддается механической обработке, допускает штамповку деталей из листа и т. д. Текстолит при изготовлении прессуют из бязи, миткаля и шифона. При ремонте тяговых двигателей и вспомогательных машин применяют в основном листовой текстолит толщиной 5—7 *мм*, из которого изготавливают клинья для крепления обмоток в пазах сердечника якоря.

Гетинакс листовой электротехнический ГОСТ 2718—54. Слоистый прессованный материал из бакелизированной бумаги. Для изготовления гетинакса применяют сульфатную бумагу, пропитанную фенолоформальдегидными резольными смолами. Гетинакс хорошо поддается механической обработке, не образуя сколов и трещин. Применяют для изготовления изоляционных прокладок.

Лента неткаиая бандажная из стекловолокна марки ЛСБ-Е. Состоит из параллельно расположенных непрерывных стеклянных нитей, скрепленных между собой электроизоляционным лаком марки ПЭ-933. Предназначена для бандажирования обмоток якорей электрических машин. Диски с внешним диаметром 280 *мм* намотаны на втулки. Лента должна быть равиомерно пропитанной и иметь равномерное распределение нитей по ширине. На поверхности ленты недопустимы путаные нити и загрязнения. Лента должна разматываться с дисков без повреждений. Продолжительность запекания бандажа 8—10 *ч* при температуре 130—145°С.

Прочие материалы

Растительные масла. Входят составной частью в электроизоляционные лаки (масляно-битумные, масляно-глифталевые и др.) и компаунды. В чистом виде некоторые масла применяют для пропитки различных волокнистых электроизолирующих материалов (тканей, электрокартона, тканой ленты и др.). По способности к высыханию растительные масла бывают трех групп: высыхающие (тунговое, льняное), полувысыхающее (хлопковое) и невысыхающее (касторовое). Для приготовления масляно-битумных лаков применяют полимеризованные (уплотненные) растительные масла. Полимеризация масла улучшает качество пленки в отношении твердости, эластичности и водостойкости. При ремонте электрических машин применяют высыхающие масла — тунговое (ВТУ МПП и МХП 259) и льняное (ГОСТ 5791—51).

Битумы. Аморфные вещества черного цвета. При низких температурах хрупки, с повышением температуры постепенно размягчаются и плавятся. Различают искусственные нефтяные битумы, получаемые перегонкой нефти, и природные ископаемые битумы. Битумы хорошо растворяются в ароматических углеводородах: бензоле, толуоле, ксилоле и др.; несколько хуже — в бензине и мас-

лах. В спирте и воде битумы совершенно нерастворимы. В тяговом электромашиностроении применяют главным образом тугоплавкие специальные нефтяные битумы: ухтинский (ГОСТ 3508—55) и битум марки БН-5. Температура размягчения этих битумов колеблется в пределах 100—125°С.

Компаунды. Электроизоляционные компаунды бывают пропиточные, заливочные и обмазочные. Пропиточные битумные компаунды представляют собой смеси из нефтяных битумов, растительных масел и канифоли (компаунд марки 225Д). Они размягчаются при нагревании и затвердевают при охлаждении. Благодаря отсутствию в битумных компаундах летучих растворителей их пленка не имеет пор, что придает ей высокую влагостойкость и хорошие электроизолирующие свойства. Битумные компаунды применяют в основном для вакуумно-нагнетательной пропитки (компаундирования) катушек главных и дополнительных полюсов тяговых электрических машин. Заливочные компаунды применяют для заливки неплотностей между фарфоровыми изоляторами и кронштейнами щеткодержателей, для заливки головок полюсных болтов во избежание попадания влаги внутрь машин и т. д.

Клеи БФ-2 и БФ-4 ТУ МХП 1367—49. Эти клеи представляют собой спиртовые растворы специальной синтетической смолы. Их применяют для склеивания металлов, пластмасс, дерева, керамики, кожи, стекла, ткани, картона, бумаги и других материалов. При ремонте электрических машин клеи БФ-2 и БФ-4 применяют для склеивания крайних листов пакета стали якорей тяговых двигателей, для приклеивания фарфоровых изоляторов к кронштейнам щеткодержателей и т. д.

Эпоксидный клей. Приготовлен на основе эпоксидной смолы марки ЭД-5 (ВТУ М646—55). Клеевой шов после затвердевания почти не дает усадки, обладает высокой влагостойкостью и имеет хорошие диэлектрические свойства. Эпоксидный клей применяют для приклеивания фарфоровых изоляторов к пластмассовой поверхности кронштейнов щеткодержателей, для склеивания металлов и резины с металлом.

Клей 88-Н. Приготовлен из синтетического каучука. Продолжительность высыхания 30—48 *ч* при температуре 20°С. Применяют для приклеивания резины, войлока и других уплотнений к деталям электрических машин. Растворитель и разбавитель — смесь бензина с этилацетатом.

Парафин ГОСТ 784—53. Представляет собой смесь предельно твердых углеводородов, получаемых из нефти. Это вещество без цвета и запаха; хорошо растворяется в бензоле, бензине, минеральных маслах. Нерастворим в спирте и воде. Существует несколько сортов парафина, различающихся температурой размягчения. Чем выше эта температура, тем лучше качество парафина. Для электротехнических целей используют парафин с температурой плавления 50—56°С, который применяют для пропитки различных прокладок из электрокартона, а также для смазывания поверхности катушек, чтобы облегчить укладку их в пазы сердечника якоря.

Растворители и разбавители. Органические вещества (углеводороды), применяемые для растворения лаковой основы и доведения ее до рабочей концентрации. Наиболее употребительны алифатические углеводороды (бензин, уайт-спирит) и ароматические

Таблица 45

Название растворителя (разбавителя)	Химическая формула	Среднее значение удельного веса в г/см³	Время испарения (для этилового эфира—1)	Температура вспышки в °С (не ниже)	Температура самовоспламенения в °С	Диэлектрическая проницаемость	Стандарт
Нефтяные углеводороды							
Бензин Б-70 .	—	0,725	35—50	—30	230—260	1,9	ГОСТ 1012—54
Уайт-спирит . .	C_nH_{2n+2}	0,795	3—5	+35	—	—	» 3134—52
Керосин	—	0,840	Весьма велико	+40	—	—	» 4753-49
Ароматические углеводороды							
Бензол	C_6H_6	0,880	3,0	—11	580	2,3	» 8448—57
Толуол	$C_6H_5CH_3$	0,865	6,1	+ 7	550	2,4	» 4809—49
Ксилол каменноугольный . . .	$C_6H_4(CH_3)_2$	0,863	13,5	+24	500	2,4	» 9949—62
Сольвент каменноугольный . .	—	0,866	2,0	+21	—	—	» 1928—50
Спирты							
Метиловый (древесный спирт) . .	CH_3OH	0,794	6,3	+ 9,5	475	31,2	» 2222—60
Этиловый 95,5% (ректификат) . .	C_2H_5OH	0,805	8,3	+12	420	—	» 5962—51
Этиловый технический (гидролизный)	C_2H_5OH	0,825	—	+20	—	—	» 8314—57
Прочие растворители							
Ацетон	$(CH_3)CO$	0,792	2,1	— 9	630	—	» 2768—60
Скипидар	—	0,862	—	+30	252	—	» 1571—54
Этилацетат	$CH_3COOC_2H_5$	0,885	2,9	— 1	484	—	» 8981—59
Бутилацетат	$CH_3COOC_4H_9$	0,875	11,8	+25	420	—	» 8981—59

углеводороды (бензол, толуол, ксилол). В табл. 45 приведены основные данные, характеризующие свойства растворителей.

При подборе растворителей учитывают следующие требования:

растворитель должен обладать хорошей растворяющей способностью лаковой основы;

электроизоляционный лак должен иметь оптимальную скорость испарения растворителя, входящего в его состав, так как слишком малая скорость удлиняет процесс сушки лаковой пленки, а слишком большая — ухудшает качество поверхности лаковой пленки;

при выборе растворителя необходимо учитывать его токсичность. Наиболее токсичны ароматические углеводороды — бензол, толуол и ксилол; наименее токсичны нефтяные углеводороды — бензин и уайт-спирит.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Правила ремонта тяговых двигателей и вспомогательных машин электроподвижного состава. Трансжелдориздат, 1963.

2. Правила заводского ремонта тепловозов ТЭ3 и ТЭ7. Трансжелдориздат, 1961.

3. Френкель Е. Б., Комолов В. Г., Файб С. И., Савченко В. В. Заводской ремонт тяговых двигателей и вспомогательных машин Трансжелдориздат, 1961.

4. Мейендорф А. В., Хрисанов А. Г. Механизация ремонта подвижного состава электрических железных дорог «Транспорт», 1964.

5. Козлов Е. М. Механизация обмоточно-изоляционных работ при производстве электрических машин. Госэнергоиздат, 1963.

6. Изоляция электрических машин. Вып. 6, ЦИНТИЭЛЕКТРОПРОМ, 1961.

7. Электроизоляционные материалы и конструкции на основе синтетического каучука Павильон «Электротехника», ВДНХ, ВНИИЭМ, 1964

8 Скляров А. Е. Вопросы испытаний изоляции тяговых двигателей на заводах-изготовителях. «Электротехника», 1964, № 8.

9. Бернштейн Л. М. Изоляция электрических машин, ЦИНТИЭЛЕКТРОПРОМ, 1962.

10. Барэмто К. Н., Бернштейн Л. М. Сушка, пропитка и компаундировка обмоток электрических машин. Госэнергоиздат. 1961.

11. Савченко В. В. Пропитка изоляции обмоток тяговых электрических машин. Трансжелдориздат, 1957.

12. Фиш А. Я., Тарнопольский Ю. М., Акунц К. А, Петров А. В. Коллекторы электрических машин на пластмассе. Госэнергоиздат, 1963.

13 Акунц К. А. Рекомендации по ремонту коллекторов с пластмассовым конусом «Электрическая и тепловозная тяга», 1965, № 1.

14. Курочка А. Л., Зусмановская Л. Л Новая изоляция тяговых двигателей. Трансжелдориздат, 1961.

15. Курочка А. Л., Мезановский А. Л., Зусмановская Л. Л. Испытания тяговых машин и аппаратов электрических локомотивов и тепловозов. Трансжелдориздат, 1959

СОДЕРЖАНИЕ

Ефим Борисович ФРЕНКЕЛЬ

Владимир Георгиевич КОМОЛОВ

Семен Исаакович ФАЙВ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ТЕПЛОВОЗОВ

Редактор Е. В. Горчаков
Обложка художника И. А. Байтина
Технический редактор И. А. Хитрова
Корректор В. А. Луценко.

Сдано в набор 28/I 1966 г. Подп. к печати 24/IX 1966 г.
Формат бумаги 84×108 1/32 Печ. листов 15 (2 вкл.) (условных 25,2)
Бум. листов 7,5 Уч.-изд. л. 24,95 Тираж 8000 экз. Изд. № 1-3-3/5 № 55595
Т-11145. Зак. тип. № 535.
Цена 1 р 25 к. Переплет 20 коп.

Изд-во «ТРАНСПОРТ». Москва. Басманный туп., 6а.

Типография газеты «Курская правда», г. Курск, ул. Ленина, 77.

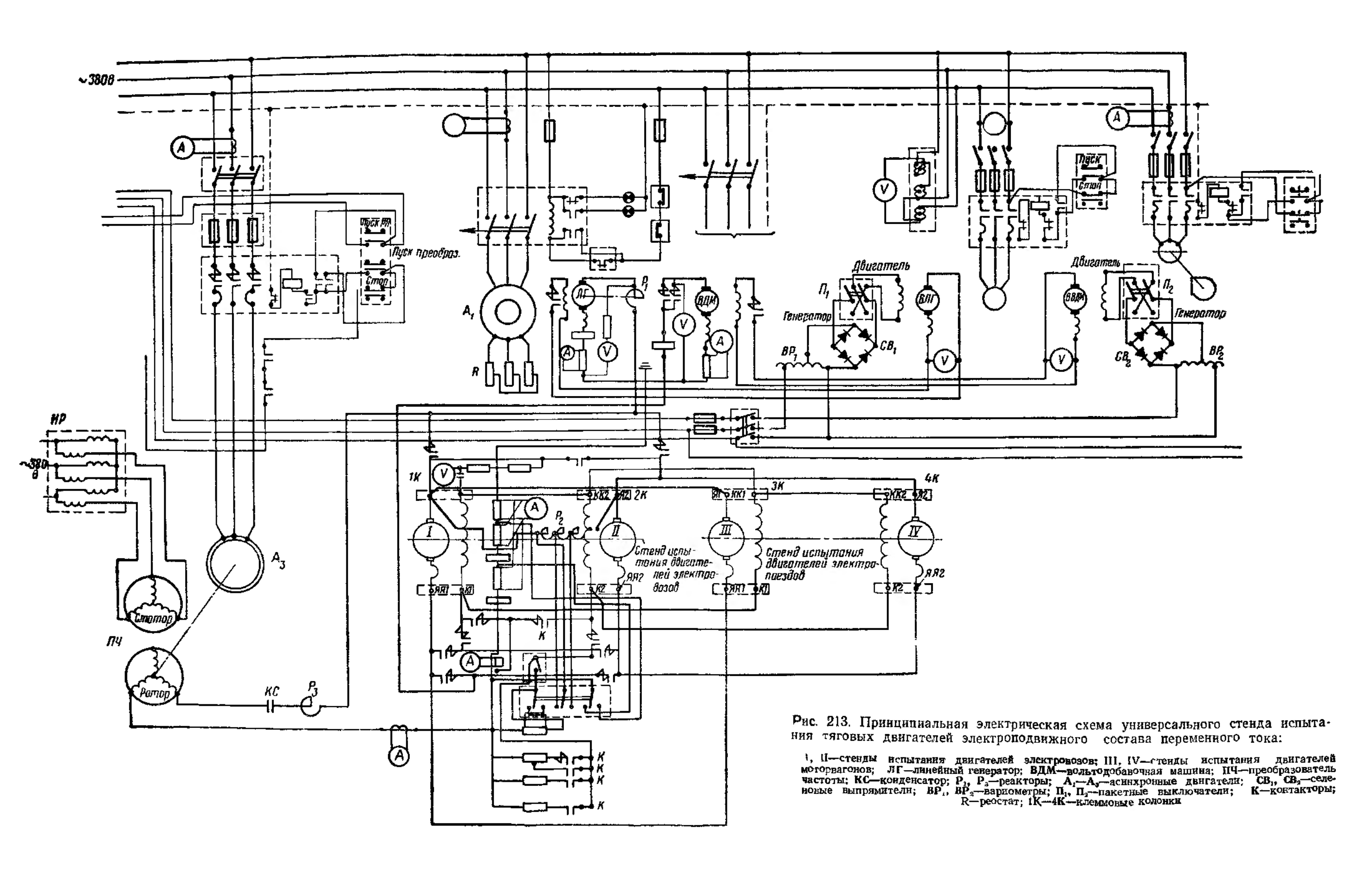
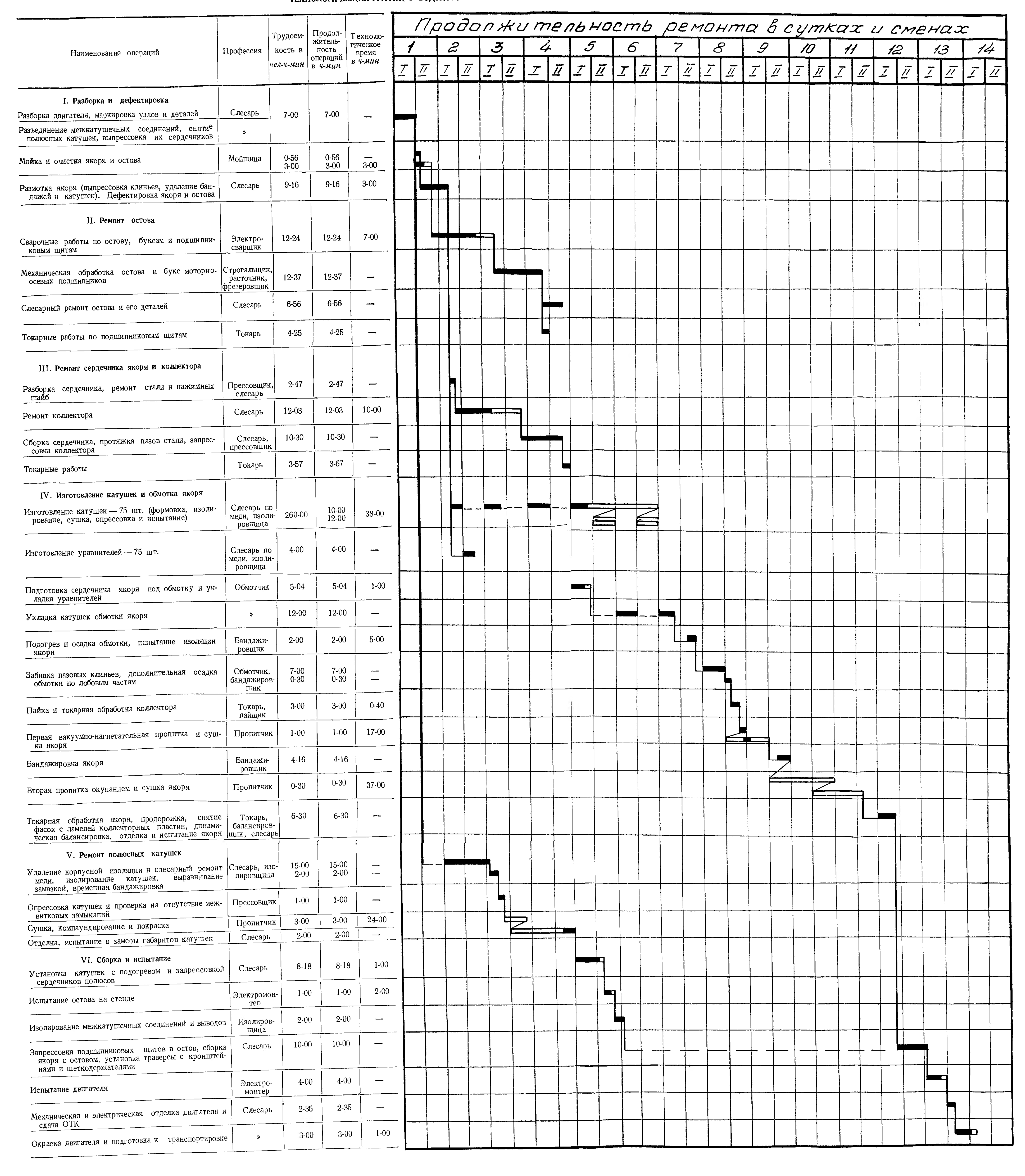


Рис. 213. Принципиальная электрическая схема универсального стенда испытания тяговых двигателей электроподвижного состава переменного тока:

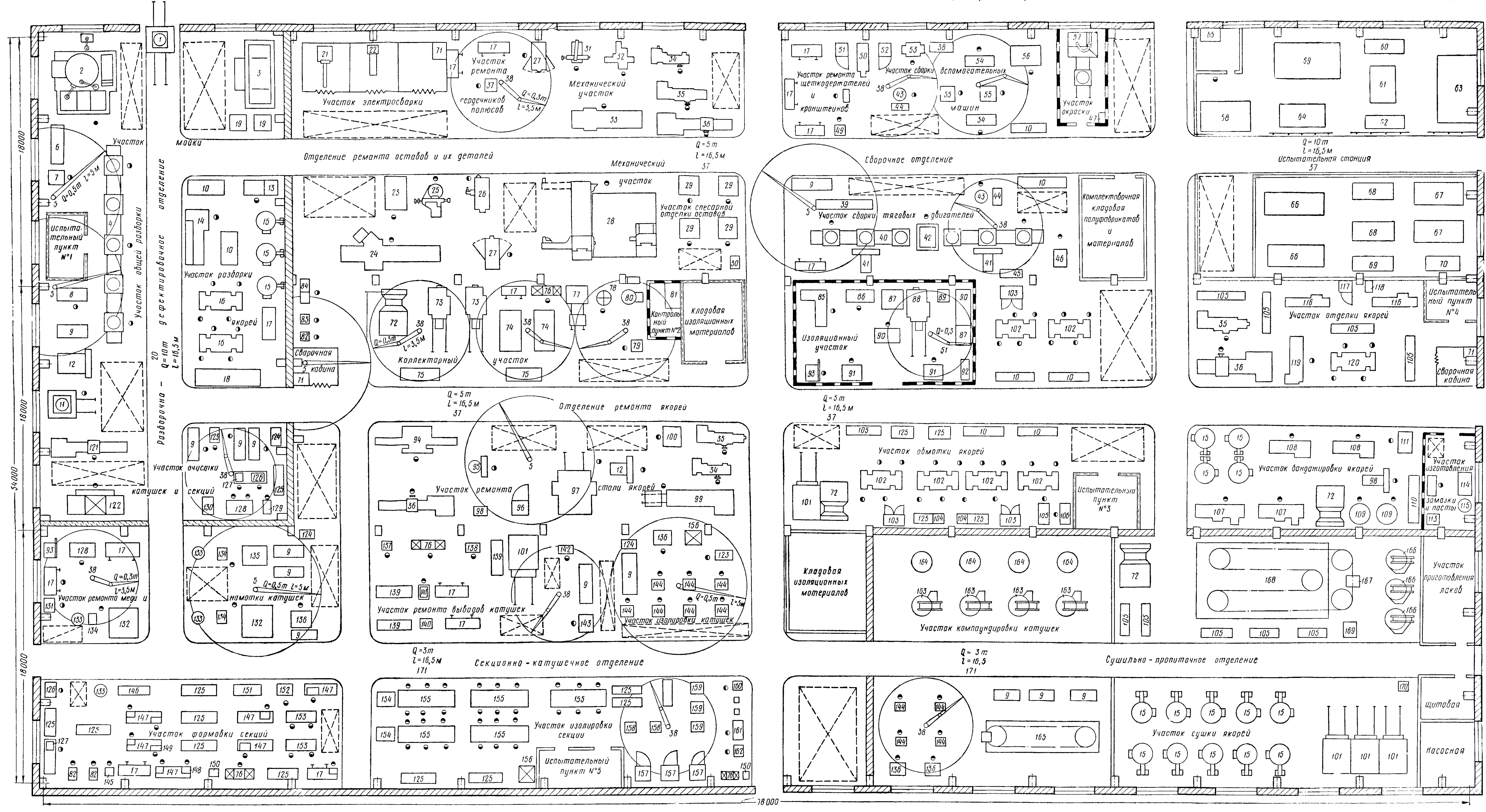
I, II—стенды испытания двигателей электровозов; III, IV—стенды испытания двигателей моторвагонов; ЛГ—линейный генератор; ВДМ—вольтодобавочная машина; ПЧ—преобразователь частоты; КС—конденсатор; P_1, P_3—реакторы; A_1—A_3—асинхронные двигатели; CB_1, CB_2—селеновые выпрямители; BP_1, BP_2—вариометры; $П_1$, $П_2$—пакетные выключатели; К—контакторы; R—реостат; 1К—4К—клеммовые колонки

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ГРАФИК ЗАВОДСКОГО РЕМОНТА ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НБ-412М СО СМЕНОЙ ИЗОЛЯЦИИ



Наименование операций	Профессия	Трудоемкость в чел-ч-мин	Продолжительность операций в ч-мин	Технологическое время в ч-мин
I. Разборка и дефектировка				
Разборка двигателя, маркировка узлов и деталей	Слесарь	7-00	7-00	—
Разъединение межкатушечных соединений, снятие полюсных катушек, выпрессовка их сердечников	»			
Мойка и очистка якоря и остова	Мойщица	0-56 3-00	0-56 3-00	— 3-00
Размотка якоря (выпрессовка клиньев, удаление бандажей и катушек). Дефектировка якоря и остова	Слесарь	9-16	9-16	3-00
II. Ремонт остова				
Сварочные работы по остову, буксам и подшипниковым щитам	Электросварщик	12-24	12-24	7-00
Механическая обработка остова и букс моторно-осевых подшипников	Строгальщик, расточник, фрезеровщик	12-37	12-37	—
Слесарный ремонт остова и его деталей	Слесарь	6-56	6-56	—
Токарные работы по подшипниковым щитам	Токарь	4-25	4-25	—
III. Ремонт сердечника якоря и коллектора				
Разборка сердечника, ремонт стали и нажимных шайб	Прессовщик, слесарь	2-47	2-47	—
Ремонт коллектора	Слесарь	12-03	12-03	10-00
Сборка сердечника, протяжка пазов стали, запрессовка коллектора	Слесарь, прессовщик	10-30	10-30	—
Токарные работы	Токарь	3-57	3-57	—
IV. Изготовление катушек и обмотка якоря				
Изготовление катушек — 75 шт. (формовка, изолирование, сушка, опрессовка и испытание)	Слесарь по меди, изолировщица	260-00	10-00 12-00	38-00
Изготовление уравнителей — 75 шт.	Слесарь по меди, изолировщица	4-00	4-00	—
Подготовка сердечника якоря под обмотку и укладка уравнителей	Обмотчик	5-04	5-04	1-00
Укладка катушек обмотки якоря	»	12-00	12-00	—
Подогрев и осадка обмотки, испытание изоляции якоря	Бандажировщик	2-00	2-00	5-00
Забивка пазовых клиньев, дополнительная осадка обмотки по лобовым частям	Обмотчик, бандажировщик	7-00 0-30	7-00 0-30	— —
Пайка и токарная обработка коллектора	Токарь, пайщик	3-00	3-00	0-40
Первая вакуумно-нагнетательная пропитка и сушка якоря	Пропитчик	1-00	1-00	17-00
Бандажировка якоря	Бандажировщик	4-16	4-16	—
Вторая пропитка окунанием и сушка якоря	Пропитчик	0-30	0-30	37-00
Токарная обработка якоря, продорожка, снятие фасок с ламелей коллекторных пластин, динамическая балансировка, отделка и испытание якоря	Токарь, балансировщик, слесарь	6-30	6-30	—
V. Ремонт полюсных катушек				
Удаление корпусной изоляции и слесарный ремонт меди, изолирование катушек, выравнивание замазкой, временная бандажировка	Слесарь, изолировщица	15-00 2-00	15-00 2-00	— —
Опрессовка катушек и проверка на отсутствие межвитковых замыканий	Прессовщик	1-00	1-00	—
Сушка, компаундирование и покраска	Пропитчик	3-00	3-00	24-00
Отделка, испытание и замеры габаритов катушек	Слесарь	2-00	2-00	—
VI. Сборка и испытание				
Установка катушек с подогревом и запрессовкой сердечников полюсов	Слесарь	8-18	8-18	1-00
Испытание остова на стенде	Электромонтер	1-00	1-00	2-00
Изолирование межкатушечных соединений и выводов	Изолировщица	2-00	2-00	—
Запрессовка подшипниковых щитов в остов, сборка якоря с остовом, установка траверсы с кронштейнами и щеткодержателями	Слесарь	10-00	10-00	—
Испытание двигателя	Электромонтер	4-00	4-00	—
Механическая и электрическая отделка двигателя и сдача ОТК	Слесарь	2-35	2-35	—
Окраска двигателя и подготовка к транспортировке	»	3-00	3-00	1-00

ПЛАНИРОВКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ И ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАШИННОГО ЦЕХА (ВАРИАНТ)



1 — камера для обдувки электрических машин; 2 — машина для мойки остова; 3 — машина для мойки деталей; 4 — конвейер для разработки тяговых двигателей; 5 — кран консольно-поворотный; 6 — стеллаж для подшипниковых щитов; 7 — пресс для выпрессовки подшипников из щитов; 8 — пресс для выпрессовки сердечников из полюсных катушек; 9 — стеллаж для полюсных катушек; 10 — стеллаж для якорей; 11 — камера для обдувки якорей; 12 — кантователь для якорей; 13 — пресс гидравлический для съема лабиринтовых втулок; 14 — станок-автомат для выпрессовки текстолитовых клиньев; 15 — вакуум-сушильная печь; 16 — козлы для размотки якорей (механизированные четырехместные); 17 — верстак слесарный; 18 — стеллаж для дефектирования якорей; 19 — стеллаж для дефектирования остовов; 20 — мостовой кран; 21 — установка для наплавки остовов под слоем флюса; 22 — установка для наплавки цилиндрических деталей; 23 — плита разметочная, 24 — продольно-строгальный станок; 25 — карусельный станок; 26 — поперечно-строгальный станок; 27 — радиально-сверлильный станок; 28 — горизонтально-расточный станок; 29 — стойки для слесарей отделки остовов; 30 — трансформатор для нагрева заклепок; 31 — горизонтально-фрезерный станок; 32 — вертикально-фрезерный станок; 33 — расточный станок; 34, 35, 36 — токарно-винторезные станки; 37 — мостовой кран; 38 — кран свободно стоящий локтевой; 39 — установка для нагрева катушек и запрессовки сердечников полюсов; 40 — конвейер для сборки тяговых двигателей; 41 — стенд для кантовки остовов; 42 — камера для испытания магнитной системы остовов; 43 — пресс для запрессовки подшипников в щиты; 44 — бак-дозатор для смазки; 45 — гидронасосная станция; 46 — станок для притирки щеток; 47 — ванна для плавления битума; 48 — пресс гидравлический; 49 — вертикально-сверлильный станок; 50 — вертикально-протяжный станок; 51 — печь электрическая для сушки кронштейнов; 52 — печь индукционная для подогрева катушек; 53 — пресс для запрессовки сердечников в полюсные катушки; 54 — стенд для сборки вспомогательных машин; 55 — стол поворотный для сборки магнитной системы остовов; 56 — станок для проточки коллекторов генераторов управления; 57 — сушильно-окрасочная камера с поворотной тележкой; 58 — стенд для испытания машин на холостом ходу; 59 — стенд для испытания электровозных тяговых двигателей; 60 — пульт управления для испытания электровозных тяговых двигателей; 61 — стенд для испытания моторвагонных и тепловозных тяговых двигателей; 62 — пульт управления для испытания моторвагонных и тепловозных тяговых двигателей; 63 — распределительный щит; 64 — стенд для испытания вспомогательных машин; 65 — стенд для испытания электрической прочности изоляции; 66 — установка агрегатов линейного генератора и вольтодобавочной машины; 67 — установка возбудителей генератора и вольтодобавочной машины; 68 — агрегаты на 110 и 50 в; 69 — установка агрегата преобразователя частоты; 70 — агрегат холостого хода; 71 — стол сварщика; 72 — холодильная камера; 73 — печь для нагрева коллекторов; 74 — стол для разборки и сборки коллекторов: 75 — стеллаж для коллекторов; 76 — ванна для лужения; 77 — пресс гидравлический вертикальный с программным управлением; 78 — пресс зонтичный; 79 — станок для статической балансировки коллекторов; 80 — станок для разгона коллекторов; 81 — стенд для электрических испытаний коллекторов; 82 — машина для точечной сварки; 83 — пресс эксцентриковый для штамповки коллекторных пластин; 84 — ванна для хромирования; 85 — ленточно-пильный станок; 86 — нагревательная плита; 87 — пресс пневматический; 88 — печь для выпечки миканитовых изделий; 89 — станок обрезной; 90 — стол для заготовки миканита; 91 — пресс гидравлический вертикальный; 92 — станок для калибровки текстолитовых клиньев; 93 — ножницы рычажные; 94 — круглошлифовальный станок; 95 — пресс пневматический для шихтовки якорной стали; 96 — печь для нагрева деталей; 97 — пресс вертикальный гидравлический для прессовки сердечников; 98 — вальцы для лакировки якорной стали; 99 — горизонтально-протяжный станок; 100 — станок для статической балансировки сердечников; 101 — печь для подогрева и сушки якорей; 102 — козлы для обмотки якорей (механизированные четырехместные); 103 — печь для подогрева секций; 104 — ножницы пневматические для обрезки концов секций; 105 — установка для сварки кобочек разрезной обмотки; 106 — трансформаторная установка для проверки обмоток; 107 — станок для многократной осадки обмоток якорей; 108 - станок для наложения стеклобандажной ленты; 109 — ванна поплавковая для пайки коллекторов; 110 — станок для контактной пайки коллекторов; 111 — установка для запрессовки изоляционной пасты; 112 — дисковая мельница; 113 — мешалка для изготовления изоляционной замазки; 114 — мешалка для изготовления изоляционной пасты; 115 — бачок для хранения изоляционных материалов; 116 — станок для динамической балансировки якорей; 117 — печь индукционная для нагрева колец и втулок; 118 — установка для нанесения эластомера ГЭН-150(В); 119 — полуавтоматический станок для продорожки коллекторов; 120 — ко́злы для отделки якорей (механизированные четырехместные); 121 — станок для подрезки обмоток якорей; 122 — печь светлого отжига меди; 123 — трансформатор для проверки катушек на межвитковое замыкание; 124 — стенд для пайки выводов; 125 — стеллаж для секций; 126 — пресс пневматический для правки меди; 127 — ножницы пневматические для резки меди; 128 — стол для подготовки к очистке секций; 129 — станок для очистки секций от изоляции; 130 — станок для зачистки концов меди секций; 131 — роликовые ножницы; 132 — станок для намотки полюсных катушек плашмя; 133 — стойки бухт меди; 134 — сварочный трансформатор; 135 — станок для намотки полюсных катушек на ребро; 136 — пресс гидравлический для опрессовки катушек; 137 — заточный станок; 138 — пресс эксцентриковый для опрессовки кабельных наконечников; 139 — стеллаж для выводных кабелей; 140 — ножницы пневматические для резки кабеля; 141 — станок для снятия изоляции с концов кабеля; 142 — ванна для пропитки межвитковой изоляции катушек; 143 — пресс пневматический для зажима струбцин; 144 — стойки для изолировки катушек; 145 — полировочный станок; 146 — автомат для рихтовки и резки меди; 147 — столы для формовки меди секций; 148 — вибрационные ножницы; 149 — горбыли для формовки меди секций; 150 — станок для зачистки меди после полуды; 151 — станок для наложения временного бандажа; 152 — станок для гибки меди на ребро; 153 — полуавтомат для наложения межвитковой изоляции секций; 154 — полуавтомат для наложения корпусной изоляции секций; 155 — столы для изолировки секций; 156 — шкаф для хранения изоляционных материалов; 157 — печь вакуумная для сушки секций; 158 — пресс гидравлический для опрессовки секций по всему контуру; 159 — пресс многоярусный пневматический для опрессовки секций; 160 — станок для намотки секций вспомогательных машин: 161 — станок для растяжки секций; 162 — станок для укатки секций вспомогательных машин; 163 — автоклав для компаундировки полюсных катушек; 164 — смеситель; 165 — конвейер для покраски и сушки катушек; 166 — автоклав для вакуумно-нагнетательной пропитки якорей; 167 — бак для пропитки окунанием; 168 — конвейер для сушки обмоток якорей; 169 — устройство для стока лака; 170 — бак для пропитки секций вспомогательных машин; 171 — кран-балка.